Agriculture Canada

Research Branch | Direction générale de la recherche

Progress in Research

Centennial Issue 1886-1986

État de la recherche

Numéro du centenaire 1886-1986

Canada

86-04058/

Progress in Research

Centennial Issue 1886-1986

État de la recherche

Numéro du centenaire 1886-1986

Publication 1630, available from Communications Branch, Agriculture Canada, Ottawa, Ont. K1A 0C7

©Minister of Supply and Services Canada 1986

Cat. No. A15-1630/1986
ISBN: 0-662-54345-9
8.5M-5:86

Staff Editor
Frances Smith

Publication 1630, on peut obtenir des exemplaires à la Direction générale des communications, Agriculture Canada, Ottawa (Ont.), K1A 0C7

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1986

N° de cat. A15-1630/1986
ISBN : 0-662-54345-9
8.5M-5:86

Éditeur-réviseur
Normand Rousseau

ONE HUNDRED YEARS OF PROGRESS

The year 1986 is the centennial of the Research Branch, Agriculture Canada.

On 2 June 1886, *The Experimental Farm Station Act* received Royal Assent. The passage of this legislation marked the creation of the first five experimental farms located at Nappan, Nova Scotia; Ottawa, Ontario; Brandon, Manitoba; Indian Head, Saskatchewan (then called the North-West Territories); and Agassiz, British Columbia. From this beginning has grown the current system of over forty research establishments that stretch from St. John's West, Newfoundland, to Saanichton, British Columbia.

The original experimental farms were established to serve the farming community and assist the Canadian agricultural industry during its early development. Today, the Research Branch continues to search for new technology that will ensure the development and maintenance of a competitive agri-food industry.

Research programs focus on soil management, crop and animal productivity, protection and resource utilization, biotechnology, and food processing and quality.

CENT ANS DE PROGRÈS

En 1986, la Direction générale de la recherche d'Agriculture Canada célèbre ses cent ans d'existence.

C'est en effet, le 2 juin 1886 que la loi appelée *Acte des stations agronomiques* reçut la sanction royale. De son adoption découla la mise sur pied des cinq premières fermes expérimentales situées à: Nappan, en Nouvelle-Écosse; Ottawa, en Ontario; Brandon, au Manitoba; Indian Head, en Saskatchewan (alors englobée dans les Territoires du Nord-Ouest); et Agassiz, en Colombie-Britannique. C'étaient là les débuts du réseau actuel de plus de quarante établissements de recherches disséminés entre St-John, à Terre-Neuve, et Saanichton, en Colombie-Britannique.

Les premières stations agronomiques avaient été fondées pour desservir la communauté des agriculteurs et venir en aide au secteur agricole canadien encore débutant. De nos jours, la Direction générale de la recherche poursuit la même tâche en travaillant aux découvertes technologiques dont dépendent le développement et le maintien d'un secteur agro-alimentaire compétitif.

Les programmes de recherches s'intéressent surtout aux modes d'exploitation du sol, à la production animale et végétale, à la protection des richesses naturelles et à leur gestion, aux biotechnologies et enfin à la transformation et à la qualité des aliments.

Cover: The dots on the map represent Agriculture Canada research establishments.

Sur la couverture, les points sur la carte indiquent les établissements de recherche d'Agriculture Canada.

Contents

Foreword 4

Resources and support research 6

Animal productivity research 24

Crop productivity research 34

Food research 52

Appendixes

I Organization of the Research Branch 58
II Map of research establishments 60

Table des matières

Avant-propos 5

Recherche sur les ressources et recherche de soutien 7

Recherche sur la production animale 25

Recherche sur les productions végétales 35

Recherches alimentaires 53

Annexes

I Organisation de la Direction générale de la recherche 59
II Carte des établissements de la recherche 60

FOREWORD

This special edition of *Progress in Research* marks the centennial of the Research Branch of Agriculture Canada. It has been compiled to illustrate the progress that has been made in 100 years of research by recording some of the major results and achievements that have occurred between 1886 and 1986.

Over the years the objective of agricultural research has been to increase the productivity and competitiveness of the industry by strengthening Canada's capacity to develop and transfer technology.

Research scientists have confronted the challenges of a limited usable land base, a severe climate, and a short growing season, and their efforts have had a great impact on the economic development of Canada's agri-food industry. Their contribution has resulted in the expansion of our export trade and in the successful transfer of new technology to developing countries.

Since the inception of the Dominion Experimental Farms System in 1886, scientists who have played a major role in its development have received national and international recognition. William Saunders, the first director, received honorary degrees from two Canadian universities and was created a Companion of the Most Distinguished Order of St. Michael and St. George under King Edward VII. His son Charles, appointed Dominion Cerealist in 1903, was knighted in 1934 by King George V. Others who followed maintained the tradition of excellence established by those pioneers. The merit award of the Public Service of Canada and the gold medal awarded by the Professional Institute of the Public Service of Canada are high honors that have been granted to an increasing number of Research Branch scientists for their outstanding contributions to Canadian agriculture.

The Research Branch can look back with pride at the progress made in 100 years, but it also looks forward to meeting new challenges with new and improved technology. In 1986 we are entering an era of technological change where new methods of soil conservation and land use are helping to combat erosion, salinity, and accumulated residues. New knowledge of molecular biology and techniques of genetic engineering are resulting in more rapid development of crop cultivars with earlier maturity and improved survival. Manipulation of host plants and bacterial symbionts is resulting in increased nitrogen-fixing ability and a reduced requirement for fertilizers. Integrated pest management is providing alternatives to pesticides. The growth rate, efficiency of feed conversion, and disease resistance of animals are being improved. In addition, techniques for food processing and storage are resulting in increased nutritional value and safety of food products.

This publication presents a brief review of some of the past and current activities and achievements of the Research Branch as we enter into our second century of research and development in support of the growth, stability, and competitiveness in Canada's agri-food industry.

E.J. LeRoux
Assistant Deputy Minister, Research

AVANT-PROPOS

Ce numéro spécial de l'État de la recherche marque le Centenaire de la Direction générale de la recherche d'Agriculture Canada. On y trouvera exposés les principaux résultats et jalons qui illustrent le mieux les progrès de la recherche agricole au cours des 100 dernières années, soit de 1886 à 1986.

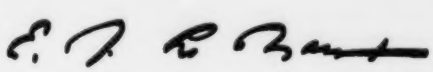
L'objectif de la recherche agricole a toujours été d'accroître la productivité et la compétitivité de l'agriculture canadienne en misant sur notre capacité d'innovation technique et de transfert de technologie.

Les chercheurs ont su relever les défis que leur posaient une surface agraire limitée, un climat rigoureux et une courte saison de végétation, et leurs travaux ont grandement favorisé l'essor économique du secteur agro-alimentaire canadien. Leur contribution a permis une expansion de notre commerce d'exportation, ainsi qu'un transfert fructueux de nos nouvelles techniques aux pays en voie de développement.

Depuis la mise en place du réseau de fermes expérimentales du Dominion, en 1886, les chercheurs qui ont joué un rôle déterminant dans son rayonnement ont atteint la renommée tant au pays qu'à l'étranger. William Saunders, notre premier directeur, a reçu des diplômes honorifiques de deux universités canadiennes et a été nommé Compagnon de l'Ordre de Saint-Michel et de Saint-George, sous Edward VII. Son fils Charles, nommé céréaliste du Dominion en 1903, a été élevé au rang de Chevalier par le roi George V en 1934. Puis d'autres ont pris la relève et ont continué cette tradition d'excellence établie par les pionniers. La prime au mérite de la Fonction publique du Canada et la médaille d'or de l'Institut professionnel de la Fonction publique du Canada sont des distinctions convoitées qui ont été remises à un nombre impressionnant de chercheurs de la Direction générale de la recherche pour signaler leur contribution exceptionnelle à l'agriculture canadienne.

La Direction générale de la recherche est fière de ses réalisations au cours des 100 dernières années, mais elle est également impatiente de relever de nouveaux défis en utilisant de nouvelles techniques. Un virage technologique s'amorce en 1986 : de nouvelles méthodes de conservation et d'utilisation des sols contribuent à enrayer l'érosion, la salinité et l'accumulation des résidus; les progrès de la biologie moléculaire et du génie génétique permettent la création plus rapide de cultivars à précocité et taux de survie supérieurs; la manipulation des plantes hôtes et les symbiotes bactériens accroissent la capacité de fixation d'azote des plantes et réduisent d'autant les besoins en engrais; de même, la lutte antiparasitaire intégrée permet de trouver des solutions de remplacement à l'emploi des pesticides; du côté des productions animales, les taux de croissance, les indices de consommation et la résistance aux maladies ne cessent de croître; et enfin, les nouvelles techniques de transformation et de stockage des aliments permettent d'en accroître la salubrité et la valeur nutritive.

On trouvera dans les pages qui suivent un aperçu de certaines des activités et réalisations passées et présentes de la Direction générale de la recherche, à l'aube d'un deuxième siècle de recherche et de développement qui sera lui aussi consacré à la croissance, à la stabilité et à la compétitivité du secteur agro-alimentaire canadien.



Le Sous-ministre adjoint
à la Recherche,

E.J. LeRoux

RESOURCES AND SUPPORT RESEARCH

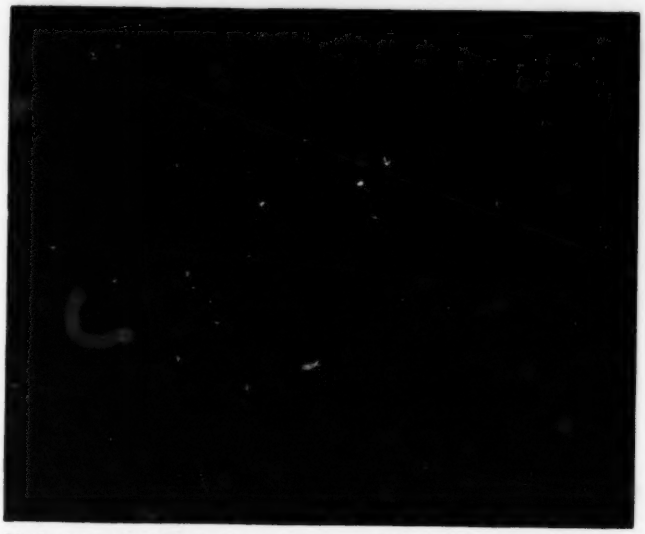
Land, water, climate, and biological resources are the natural bases upon which the agriculture and food system in Canada depends. The modification and protection of these resources have been major objectives of the Research Branch throughout its 100-year history. Resources and support research encompass not only natural resources but also research in energy, engineering, biotechnology, animal and crop protection, and supporting functions.

Research on Canada's land resource is directed toward formulating procedures for evaluating the agricultural productivity of land, studying the physical quality of soils, and developing methods for improving fertility. It includes an understanding of the soil processes and of the means of reversing land degradation caused by such factors as wind erosion and pesticide residues. Studies on water and climate improve the management of excess water in soils and the efficiency with which precipitation is captured for use on crops. Climatic elements of particular interest to agriculture are precipitation, temperature, wind, photoperiod, cloud cover, and atmospheric humidity.

The objective of research in engineering is to increase the efficiency of production and the profits to Canadian farmers and food processors by the development or improvement of farm machinery, soil practices, conservation, drainage, irrigation, new methods of tillage, farm buildings, and food processing. Through many years of research, engineers have developed a variety of new instruments and equipment that have dramatically improved the efficiency of agricultural research. New technology in the field of energy is a key factor in maintaining the profitability and competitiveness of Canadian agriculture. Research is aimed at developing and transferring new technology and increasing efficient energy use in animal and crop production, and food processing and distribution. Advanced systems of computerized data acquisition and analysis have been developed. Branch statisticians have made major contributions to many research achievements, including better methods for breeding improved varieties and new approaches to pesticide research.

Biological resources consist of Canada's flora and fauna. Research is directed toward providing accurate information about the quantity, quality, and location of vascular plants, insects, arachnids, nematodes, fungi, and bacteria of significance to Canadian agriculture. The Research Branch houses and makes available major national and international collections of biological material, conducts taxonomic and biogeographic research, produces identification guides, and provides a national identification service. Its programs provide information on organisms that affect agricultural production and on resource protection.

The advent of biotechnology and the ability to manipulate the genes of organisms at the molecular level provide new opportunities to recombine genes directly in order to increase dramatically the efficiency of agricultural production. This new technology enables the scientist to achieve more precise development of crop plants with desirable characteristics than has been possible using traditional breeding techniques. In animal science, new technology in embryo manipulation and gene transfer permits controlled reproduction and the rapid selection of animals with desirable traits. Genetic engineering of microorganisms is being applied to the efficiency of the *Rhizobium* symbiont for improved forage legume production and to rumen bacteria for improved bovine nutrition.



Native parasites of insect pests can provide biological control. *Banchus flavescens* is a parasite of the bertha armyworm.

On utilise les parasites indigènes dans la lutte biologique contre les insectes ravageurs. *Banchus flavescens*, par exemple, est un parasite de la légionnaire bertha.

Research on the protection of animals and crops from the effects of insects, weeds, and diseases has been of major importance throughout the history of the Research Branch. The development of chemical pesticides has increased productivity dramatically, but continued use has placed a severe stress on natural resources and on the environment. Modern pest management systems are being developed to find alternative methods of control that reduce dependence on chemicals. Integrated pest management uses a multidisciplinary approach to pest control, which includes the use of biological, biochemical, immunological, and cultural methods as well as new, more selective, and less environmentally stressful chemicals.

The performance of high-quality research is dependent on scientific support services that assist in experimental design and analysis. Results are published with the assistance of support services in editing, photography, graphics, and word processing. Computerized information retrieval systems and pesticide information services support research productivity. A seed increase unit maintains breeder seed of crop cultivars developed by Research Branch scientists and ensures that seed is available for distribution when required.

The items that follow highlight some examples of the results of research carried out on natural and engineered resources in biotechnology and protection, as well as some of the vital activities that have provided support for this research.

RECHERCHE SUR LES RESSOURCES ET RECHERCHE DE SOUTIEN

Au Canada, le système agro-alimentaire dépend des facteurs naturels suivants : terres, eau, climat et ressources biologiques. La modification et la protection de ces ressources ont constitué les principaux objectifs de la Direction générale de la recherche au cours de ses 100 années d'existence. Les programmes de recherches sur les ressources et de recherches de soutien s'intéressent non seulement aux ressources naturelles mais englobent aussi l'énergie, les techniques, la biotechnologie, la protection des animaux et des cultures et les fonctions de soutien.

Les recherches sur les ressources en terre du Canada visent à élaborer des techniques d'évaluation de la productivité agricole des terres, étudier la qualité physique des sols et mettre au point des méthodes destinées à en accroître la fertilité. À cette fin, les chercheurs tentent de comprendre les processus d'évolution des sols et de trouver des moyens de remettre en état les terres dégradées par l'érosion éolienne et les résidus de pesticides, par exemple. En matière d'eau et de climat, ils s'efforcent d'améliorer les techniques d'élimination de l'humidité excessive des sols et l'utilisation des précipitations pour l'irrigation des cultures. Parmi les facteurs climatiques d'un intérêt particulier pour l'agriculture, mentionnons les précipitations, la température, le vent, les photopériodes, la nébulosité et l'humidité de l'air.

Dans le domaine de la technologie, les objectifs de recherches sont d'accroître l'efficacité de la production et les bénéfices des agriculteurs et des producteurs de denrées alimentaires canadiens en mettant au point ou en améliorant les machines agricoles, l'utilisation des sols, la conservation, le drainage, l'irrigation, les méthodes de labourage, les bâtiments de ferme et les techniques de transformation des denrées. Au cours de nombreuses années de recherches, les chercheurs ont mis au point toute une gamme de nouveaux instruments et d'équipements qui ont augmenté, de façon marquée, l'efficacité des recherches agricoles. Les nouvelles technologies de production d'énergie constituent un facteur clé de la rentabilité et de la compétitivité de l'agriculture au Canada. Les recherches dans ce domaine visent à créer des technologies nouvelles et à en assurer le transfert ainsi qu'à encourager l'utilisation rationnelle de l'énergie dans les systèmes de culture et d'élevage, et dans la transformation et la distribution des aliments. Des systèmes informatiques perfectionnés de saisie et d'analyse des données ont été développés. Les statisticiens de la Direction ont grandement contribué à de nombreuses réalisations, parmi lesquelles il faut citer des méthodes plus efficaces de sélection de variétés améliorées et des approches nouvelles à la recherche en matière de pesticides.

Les ressources biologiques englobent la flore et la faune du Canada. À cet égard, les recherches visent à fournir des renseignements précis sur la quantité, la qualité et l'emplacement des plantes vasculaires, des insectes, des arachnides, des nématodes, des champignons et des bactéries qui jouent un rôle important dans l'agriculture canadienne. La Direction générale de la recherche entretient de grosses collections nationales et internationales de matériaux biologiques, fait des recherches taxonomiques et biogéographiques, publie des guides d'identification et offre un service national d'identification. Par le biais de ses programmes, la Direction fournit des renseignements sur les organismes qui influent sur la production agricole et la protection des ressources.

La biotechnologie et la génétique moléculaire (qui permet la manipulation des gènes des organismes au sein des molécules) offrent de nouvelles possibilités de recombinaison génétique directe qui permettent d'augmenter notablement la production agricole. Grâce à cette nouvelle technologie, les chercheurs peuvent obtenir des cultures présentant les caractéristiques désirables avec plus de précision que par les techniques de sélection classiques. En zootechnie, les nouvelles techniques de manipulation des embryons et de transfert des gènes permettent la reproduction dirigée et la sélection rapide d'animaux possédant les caractéristiques souhaitables. La recombinaison génétique des micro-organismes est employée pour accroître l'efficacité du symbiote *Rhizobium* afin d'améliorer la production de légumineuses fourragères et celle des bactéries du rumen pour faciliter l'assimilation des aliments chez les bovins.

La protection des animaux et des cultures contre les insectes, les mauvaises herbes et les maladies a toujours été un domaine de recherche primordial à la Direction générale de la recherche. L'introduction des pesticides chimiques a favorisé, de façon marquée, la productivité, mais leur utilisation continue a eu de graves répercussions sur les ressources naturelles et l'environnement. Des systèmes anti-parasitaires perfectionnés sont actuellement en voie d'élaboration en vue de réduire l'utilisation des produits chimiques. La lutte anti-parasitaire intégrée est une démarche pluridisciplinaire qui fait appel à diverses méthodes biologiques, biochimiques, immunologiques et culturales ainsi qu'à de nouveaux produits chimiques plus sélectifs et moins nuisibles pour l'environnement.

Pour que les recherches soient effectuées dans des conditions optimales, il faut disposer de services de soutien scientifiques qui apportent leur concours dans la préparation et l'analyse des expériences. Les résultats sont publiés grâce à la collaboration de services de soutien qui aident à la rédaction, à la photographie, à l'établissement des graphiques et au traitement des informations. Les systèmes informatisés de recherche documentaire et d'information sur les pesticides accélèrent les recherches. Un groupe d'agriculteurs-multiplicateurs de semences assure l'approvisionnement en semences sélectionnées des cultivars créés par les chercheurs de la Direction générale de la recherche et veille à ce que des réserves soient toujours disponibles.

Les exposés qui suivent mettent en évidence quelques exemples de résultats obtenus à la suite de recherches menées sur le plan des ressources naturelles et en ingénierie, dans le domaine de la biotechnologie et de la protection ainsi que des exemples de travaux importants qui ont apporté un soutien à la recherche.

Land

- Soil surveys were first conducted in southwestern Ontario in 1914. They were expanded to include the Prairie Provinces in the 1930s and other provinces in the 1940s and 1950s. Soil maps of Canada are now available at various scales for approximately 60% of the land mass. A generalized map at a scale of 1:5 million was prepared for the entire country in 1976.

- A major component of the soils program is the Canadian system of soil classification, recognized internationally as one of the few well-defined systems of soil taxonomy. It contributes substantially to the maintenance of uniform national standards and was developed cooperatively with provincial agencies and universities.

- Soil maps and site descriptions are computerized in CanSIS (Canadian Soil Information System). Maps can be plotted and soil information analyzed automatically by computer. When connected with information about climate, land use, or census district, such a store of data helps in making the right decision about using land—whether that use be for agriculture, forestry, watershed management, or transportation.

- The land use and evaluation program evaluates the production potential and degradation hazards of land under various agricultural uses and develops techniques for integrating and interpreting data on soil, climate, landform, agronomy, and economics. A national, computerized soil data system has been developed, and a series of national, provincial, and local data bases have been constructed. Concurrently, advances have been made in modeling crop yield and soil moisture relationships and in applying and developing techniques to assess the effects of various factors of land degradation on crop production. It thus becomes possible to produce national and provincial evaluations of crop yield potential and land degradation hazards.

- The economic impact of land degradation in Canada has been estimated. Assessments of the contribution of agriculture to the quality of water in the Great Lakes have been completed. A prototype system of broad-scale land evaluation for Canada has been developed.

- Research Branch scientists have developed methods for the extraction, fractionation, and characterization of soil organic matter, which are currently being used in several laboratories around the world. They have proposed a new concept for the chemical structure of humic substances and were also the first to report evidence for interlayer adsorption of fulvic acid by montmorillonite in laboratory experiments. This was soon followed by a finding of interlamellar adsorption of organic matter similar to fulvic acid by clay in a Podzol soil from eastern Canada.

- Examination of the 70-year history of an irrigated rotation indicated that crop yields gradually increased with time and that most soil properties improved. For example, organic-matter content and total nitrogen of soil increased markedly in the top 30-centimetre layer. These results provide firm evidence that with proper management, soil productivity under irrigation can be maintained and improved. The improved productivity is attributed to the use of barnyard manure, alfalfa, and fertilizer.

- A 5-year field study with center-pivot irrigation showed that fertilizer nitrate movement below a depth of 90 centimetres during a 3-year period was insignificant even on a sandy soil.

- The necessity for protecting the environment from livestock and poultry wastes became very important in the early 1960s, when production of livestock in total confinement, and the associated generation of large volumes of wastes in small areas, started to increase dramatically. A large-scale land recycling system for liquid manure was developed for animal waste utilization in crop production. Manure management procedures were developed to control odor during application; to minimize degradation of the physical, chemical, and bacterial quality of subsurface and surface drainage water; and to improve the efficiency of slurry transport to the fields. These procedures are being used by Canadian farmers to manage effectively animal wastes from large-scale production units.

- An experiment performed over 11 years showed that irrigation with municipal waste water provides a valuable source of water and nutrients for growing forage crops in a semiarid environment. Long-term mean yields of alfalfa were about 10 tonnes per hectare without additional fertilizer. Forages were of normal nutritional quality and did not contain elements at levels likely to be toxic to animals. This practice for the utilization and disposal of waste water has already been adopted by more than 25 municipalities and 30 agricultural industries in western Canada.

- Fifteen years of research on minimum and zero tillage gave promising results with both summerfallow and continuous-cropping systems in the prevention of soil erosion and in greater conservation of limited precipitation. No-till continuous cropping with winter wheat was particularly attractive, but infestations of downy bromegrass became serious after 3–4 years. Direct seeding into stubble was more effective with high-clearance hoe drills than with disc drills, owing to better seed placement. Two prototype seed drills that reduce energy input and conserve soil moisture have been developed for zero-tillage production systems. Both prototypes were superior to three commercial drills in trash-clearance ability and had better seed placement characteristics than a double-disc drill.

- Research showed that the reduced yield of barley grown under zero tillage, compared with conventional tillage, could be eliminated if the nitrogen fertilizer were banded below the soil surface.

- The research program on Solonetzic soils has demonstrated improved productivity of Solonetzic soils through deep plowing and use of chemical fertilizers.

- The addition of moderate amounts of nitrogen and phosphorus fertilizers to Lethbridge soils with simulated erosion (topsoil removed) only partly corrected the reduction in wheat yield resulting from erosion. Yields of the fertilized plots for a 14-year period increased 18, 46, and 71%, respectively, over the unfertilized check of each erosion treatment. On soil treatments where only 8–10 centimetres of topsoil were removed, the applications of nitrogen and phosphorus were sufficient to restore productivity. Precipitation had a greater effect on wheat yields than did fertilizer application.

- It has been known for some time that certain soil fungi facilitate the uptake of soil phosphorus by plants. Experiments have shown that inoculation of sterilized, low-phosphorus soils with species of vesicular–arbuscular mycorrhizal fungi, which had been isolated from Alberta soils, increased yields of alfalfa (up to 80%) and wheat (up to 20%) in greenhouse experiments.

- The organic soils group of the Research Branch found that the loss and subsidence of the highly valuable and scarce cultivated

Terres

- Les premières études pédologiques ont d'abord été amorcées dans le sud-ouest de l'Ontario en 1914. Au cours des années 1930, le programme a été étendu aux provinces des Prairies et, pendant les années 1940 et 1950, aux autres provinces. Il existe actuellement des cartes des sols à diverses échelles pour 60 % environ des terres du Canada. En 1976, une carte générale de l'ensemble du pays a été établie à l'échelle 1:5 million.

- Le système canadien de classification des sols, qui est reconnu à l'échelle internationale comme l'un des rares systèmes de taxonomie des sols bien définis, constitue l'une des principales composantes du programme. Il contribue essentiellement au maintien de normes nationales uniformes et a été mis au point en collaboration avec des organismes provinciaux et des universités.

- Les cartes des sols et les descriptions des sites sont automatisées par le biais de CanSIS (Système d'informatique des sols). Les cartes peuvent être tracées et les données sur les sols analysées automatiquement par ordinateur. La conjugaison des données de la banque avec des renseignements sur le climat, l'utilisation des terres ou les districts de recensement facilite les prises de décisions en matière d'utilisation des terres—qu'il s'agisse d'agriculture, de foresterie, de gestion des bassins versants ou de transport.

- Le programme d'évaluation et d'utilisation des terres évalue la productivité potentielle et les risques de dégradation des terres soumises à divers régimes de culture et met au point des techniques d'intégration et d'interprétation des données sur les sols, le climat, la topographie, l'agronomie et l'économie. Les chercheurs ont créé un système informatisé national de données sur les sols et une série de base de données nationales, provinciales et locales. Parallèlement, des progrès ont été réalisés dans la modélisation des relations qui existent entre le rendement des cultures et l'humidité des sols et dans la mise au point et l'application de techniques destinées à évaluer les effets de divers facteurs de dégradation des terres sur les cultures. La Direction peut donc estimer le rendement potentiel des cultures et les risques de dégradation des terres à l'échelle du pays et des provinces.

- Les répercussions économiques de la dégradation des terres au Canada ont été calculées. L'évaluation des effets de l'agriculture sur la qualité de l'eau des Grands Lacs est terminée. Un prototype de système d'évaluation des terres du Canada à grande échelle a été mis au point.

- Les chercheurs de la Direction générale de la recherche ont créé des méthodes d'extraction, de fractionnement et de caractérisation de la matière organique des sols qui sont actuellement employées dans plusieurs laboratoires du monde et ont proposé un nouveau concept de la structure chimique des substances humiques. Ils ont également été les premiers à relever des signes d'adsorption d'acide fulvique entre les couches de montmorillonite au cours d'expériences en laboratoire. Peu après, ils ont observé des signes d'adsorption interlamellaire de substances organiques similaires à l'acide fulvique par l'argile d'un podzol dans l'est du Canada.

- L'étude échelonnée sur 70 ans d'un terrain irrigué réservé à la culture en rotation indique que le rendement des cultures augmente progressivement avec le temps et que la majorité des propriétés du sol s'améliore. Par exemple, la teneur en matières organiques et les concentrations d'azote total du sol ont augmenté, de façon marquée, dans la couche supérieure de 30 cm d'épaisseur. Ces résultats prouvent bien que grâce à un programme de gestion approprié, la productivité du sol peut être maintenue et augmentée par le biais de l'irrigation. La productivité accrue du sol est attribuée à l'utilisation de fumier de ferme, de luzerne et d'engrais.

- Une étude faite sur le terrain pendant 5 ans, avec irrigation par pivot central, a prouvé que l'évolution des nitrates des engrais était négligeable à une profondeur de 90 cm pendant une période de 3 ans, même dans les sols sablonneux.

- L'élimination des déchets du bétail et de la volaille est devenue d'une importance capitale au début des années 1960, au moment où l'élevage du bétail en confinement total et, par conséquent, l'accumulation de forts volumes d'excréments dans des zones restreintes ont commencé à augmenter de façon notable. Un système à grande échelle de recyclage du purin a été mis au point en vue de la réutilisation des déjections des animaux pour la fertilisation des cultures. Des techniques ont aussi été mises au point pour lutter contre les odeurs pendant l'application, réduire la dégradation de la qualité physique, chimique et bactérienne des eaux de drainage superficielles et souterraines et améliorer le transport du lisier jusqu'aux champs. Les agriculteurs canadiens se servent de ces techniques pour éliminer efficacement les excréments des animaux dans les grandes exploitations d'élevage.

- Une expérience étalée sur 11 ans a démontré que l'irrigation au moyen d'eaux usées urbaines constitue une source d'eau et de substances nutritives de grande valeur pour les cultures fourragères dans les régions semi-arides. Sans application d'engrais, le rendement moyen à long terme de la luzerne était d'environ 10 tonnes à l'hectare. Les fourrages avaient une valeur nutritive normale et ne présentaient aucune concentration d'éléments susceptibles d'être toxiques pour les animaux. Ce mode d'utilisation et d'élimination des eaux usées a déjà été adopté par plus de 25 localités et 30 industries agricoles dans l'ouest du Canada.

- Les résultats des recherches qui ont duré 15 ans sur la culture avec travail du sol minimal ou la culture sans labour ont été prometteurs, tant dans les systèmes de culture avec jachère que de culture continue, en ce qui concerne la lutte contre l'érosion du sol et une meilleure conservation des précipitations limitées. La culture continue sans labour du blé d'hiver était particulièrement attrayante mais, au bout de 3 ou 4 ans, il y a eu d'importantes infestations de l'espèce de brome *Bromus tectorum*. L'ensemencement direct dans le chaume était plus efficace avec les semoirs-enjambeurs à houes qu'avec les semoirs à disques, car ils permettent une meilleure répartition des graines. Deux prototypes de semoirs qui permettent de réduire la consommation d'énergie et de conserver l'humidité du sol ont été mis au point pour les systèmes de production sans labour. Ces deux prototypes permettent d'une part un meilleur dégagement des résidus de cultures que trois types de semoirs commerciaux et d'autre part une meilleure répartition des graines qu'un semoir à double disque.

- D'après les résultats des recherches, il est possible d'augmenter le rendement de l'orge cultivée sans labour (qui est inférieur au rendement des cultures classiques) en épandant les engrais à base d'azote par localisation en bande dans le sol.

- Le programme de recherches sur les sols solonetziques a démontré qu'il est possible d'augmenter la productivité de ces sols par un labourage en profondeur et l'application d'engrais chimiques.

- Dans les sols de Lethbridge, l'application de quantités modérées d'engrais à base d'azote et de phosphore dans des parcelles où des

organic soils in Canada by about 4% per annum were caused mainly by soil enzymes. Applications of moderate amounts of copper were shown to inactivate the degradative soil enzymes, and thus decomposition was curtailed by two-thirds and subsidence by half.

• Ridged culture of peat soils has proved to be an effective technique for providing supplemental drainage for most vegetable crops in Newfoundland. Commercial rotary ridgers have been modified successfully to fill this need, although further work is needed to combine ridging and seeding operations.

• A cooperative study was initiated in 1971 to determine the effects of competition between seeded grasses and subsequent grazing by cattle on the regeneration of lodgepole pine and spruce on clear-cut and burned-over areas in British Columbia. The study led to recommendations on forage and animal management practices that result in negligible damage to conifer seedlings, permitting the continued coexistence of forage and beef production on the same land resource. Seeding forage species following clear-cutting or wild fires is now a policy of the provincial government in these regions. About 4000–6000 hectares of clear-cut land are seeded annually in the Kamloops forest region, and about 10 000 hectares of burned-over areas are expected to be seeded in the east Kootenay region following the severe fire season of 1985.

• The recording and analysis of weather data have formed the core of agrometeorological operations since the beginning of government agricultural research. The data have been made available to research scientists in Agriculture Canada, agricultural workers in provincial and other agencies, and producers. Agrometeorological information has been used for pest management, estimating crop production, assessing drought conditions, and evaluating climatic resources of Canada. Maps of the agroclimatic resources of Canada have been compiled in the Canadian *Agroclimatic Atlas*. The maps interrelate temperature, precipitation, soil temperature, and soil moisture to delineate agricultural growing conditions for crops and ornamental shrubs in Canada.

• In 1967 a map designating plant hardiness zones in Canada was produced. This map has been used as a model for plant zone maps throughout the world.

• The relationship between crop development and agrometeorological conditions has been established for a variety of crops in all regions of Canada. This information has been used to develop indices and recommendations for managing crop production. The indices include estimates of frost-free periods, planting dates, corn-heat units, optimum cutting dates for forages, and drying conditions, all of which have a wide application for crop management throughout Canada.

Water and climate

• A versatile soil moisture budget has been used to monitor and forecast the impact of soil moisture conditions on cereal production in the Prairie Provinces. The moisture budget has now been adapted for use in Quebec and other parts of eastern Canada.

• Research conducted in the past 10 years has shown that only 6–8% of irrigated land in southern Alberta has become salinized during 75 years of intensive irrigation. Most of the saline areas developed from seepage from unlined irrigation canals and ditches.

Field of lettuce cultivated on organic soil, south of Montreal.

Champ de laitue cultivée dans un sol organique, au sud de Montréal.

In 13 sites for which long-term records were available, continued irrigation actually decreased salinity levels. These results indicate that the glacial till soils of the province can be irrigated without extensive artificial drainage to prevent salinity development.

• A new method for reclaiming saline soils resulting from irrigation canal seepage has been successfully developed. A plastic curtain is inserted vertically into the soil by a special attachment on a drainage machine. This system intercepts and removes seepage water through plastic drainage tubing installed during the same operation.

• After 8 years of research a technique was developed to map the extent of soil salinity with the use of satellite imagery. The method provides about 85% accuracy in mapping moderately and strongly saline soils in an area covering 90 000 square kilometres, in southern Alberta. The technique appears suitable for accurately and rapidly estimating the total area of saline soils in the Prairie Provinces.

• The results of a 10-year study in western Canada indicate that installation of drains with a mole plow can be an effective method of draining waterlogged soils. The soil must have a clay or clay–loam texture for the method to be successful. Mole drainage is much less expensive than traditional subsurface tube or tile drainage.

• In 1946, the introduction of sprinkler irrigation, followed by sprinkler system designs for orchards, set the stage for the next 40 years of irrigation in British Columbia. The introduction of trickle irrigation in the late 1960s, followed by the publication of design guidelines, provided fruit farmers with a useful alternative to sprinkler irrigation. Savings in water and labor encouraged farmers to make use of these systems. This was especially the case for farmers planting vineyards and replanting orchards in high density. Since the introduction of the method, new sophisticated emitter designs have been developed.

conditions d'érosion avaient été simulées, par le décapage de la couche arable, n'a que partiellement remédié à la réduction du rendement du blé causée par l'érosion. Au cours d'une période de 14 ans, les rendements des parcelles fertilisées ont augmenté respectivement de 18, 46 et 71 % par rapport aux parcelles témoins (où aucun engrais n'a été appliqué) de chaque type d'érosion simulé. Dans les parcelles où seulement 8 à 10 cm de la couche arable ont été éliminés, l'application d'azote et de phosphore a permis de rétablir la productivité des sols. Les précipitations ont eu un effet plus notable sur le rendement du blé que l'application des engrais.

• Depuis un certain temps, on sait que certains champignons du sol facilitent l'absorption du phosphore du sol par les plantes. Au cours des essais, on s'est rendu compte que des espèces de mycorhizes en forme d'arbuscules garnis de vésicules, pris dans des sols de l'Alberta, et introduits dans des sols stérilisés à faible concentration de phosphore ont augmenté le rendement de la luzerne (dans une proportion atteignant jusqu'à 80 %) et du blé (dans une proportion atteignant jusqu'à 20 %) en serre.

• Le groupe chargé des sols organiques de la Direction générale de la recherche a déterminé que la perte et l'affaissement annuels d'environ 4 % des rares sols organiques cultivés, qui sont d'une grande valeur au Canada, étaient principalement causés par des enzymes du sol. D'après les essais, l'application de doses modérées de cuivre neutralise les enzymes à l'origine de la dégradation et permet ainsi de réduire la décomposition dans une proportion de 66,6 % et l'affaissement dans une proportion de 50 %.

• Le buttage des sols tourbeux est un moyen efficace d'assurer un drainage supplémentaire pour la majorité des cultures maraîchères à Terre-Neuve. Les butteuses rotatives commerciales, modifiées à cette fin, donnent de bons résultats, mais il faut poursuivre les recherches afin de combiner les opérations de buttage et de semis.

• Une étude conjointe a été amorcée en 1971 afin de déterminer les effets de la compétition entre les graminées ensemencées qui servent au pâturage du bétail et la régénération des pins lodgepoles et des épinettes sur les coupes rases et les brûlis de la Colombie-Britannique. L'étude recommande des techniques d'élevage et de culture fourragère qui réduisent les dommages aux semis de conifères, de manière à permettre l'ensemencement de fourrage et l'élevage des bovins en permanence sur les mêmes terres. L'ensemencement d'espèces fourragères après les coupes rases ou les feux de friche est actuellement une politique du gouvernement provincial dans ces régions. Quelque 4 000 à 6 000 hectares de terres soumises à des coupes rases sont ensemencées annuellement dans la région forestière de Kamloops et on prévoit que 10 000 hectares environ de brûlis seront ensemencés dans l'est de la région de Kootenay en raison du grand nombre d'incendies qui ont ravagé cette région en 1985.

• Le rassemblement et l'analyse de données météorologiques ont été les principales fonctions des services agrométéorologiques depuis que le gouvernement fait des recherches en agriculture. Les données sont mises à la disposition des chercheurs d'Agriculture Canada, d'organismes provinciaux et autres et des producteurs. Les données agrométéorologiques servent à la lutte antiparasitaire et à l'évaluation du rendement des cultures, des conditions de sécheresse et des conditions climatiques du Canada. Des cartes des ressources agroclimatiques canadiennes ont été compilées dans l'*Atlas agroclimatique du Canada*. Les cartes présentent les relations qui existent entre la température, les précipitations et la température et l'humidité du sol afin de délimiter les zones agricoles propices aux cultures et à la croissance des arbustes d'ornement au Canada.

• En 1967, une carte montrant les zones de résistance au froid des plantes du Canada a été établie. Elle a servi de modèle pour l'établissement de cartes similaires dans l'ensemble du monde.

• La relation qui existe entre le rendement des cultures et les conditions agrométéorologiques a été établie, pour diverses cultures, dans toutes les régions du Canada. Ces renseignements ont permis d'élaborer des conseils et des recommandations relatifs à la gestion des cultures. Parmi les renseignements fournis, mentionnons des données estimatives sur les périodes sans gel, les dates optimales d'ensemencement, les unités thermiques maïs, les dates optimales de récolte des fourrages et les conditions de séchage, soit des données qui sont largement utilisées pour la gestion des cultures dans tout le Canada.

Eau et climat

• On a eu recours à un bilan hydrique souple pour surveiller et prévoir les effets de l'humidité du sol sur les cultures céréalières dans les provinces des Prairies. Le bilan hydrique a été adapté pour être applicable au Québec et dans d'autres régions de l'est du Canada.

• D'après les recherches faites au cours des 10 dernières années, entre 6 et 8 % seulement des terres irriguées dans le sud de l'Alberta se sont salinisées au cours de 75 années d'irrigation intensive. Dans la majorité des cas, la salinisation est causée par le suintement des canaux et des fossés d'irrigation sans revêtement. Dans 13 sites repères où des données ont été rassemblées pendant de longues périodes, l'irrigation continue a, en fait, diminué la salinité. Ces résultats prouvent que les sols des zones de till glaciaire de la province peuvent être irrigués sans avoir recours à des méthodes de drainage artificiel intensif pour lutter contre la salinisation.

• Une nouvelle méthode qui permet de mettre en valeur les sols salinisés par le suintement des canaux d'irrigation a été mise au point. Un rideau de plastique est inséré verticalement dans le sol au moyen d'un accessoire spécial fixé à un excavateur, et l'eau de suintement est interceptée et extraite par un tubage de plastique installé au cours de la même opération.

• Au bout de 8 années de recherches, une technique d'établissement des cartes de l'intensité de la salinisation des sols grâce à des photos prises par satellite a été créée. Cette méthode offre un taux de précision de 85 % pour la cartographie des sols présentant une salinité modérée et forte sur une superficie de 90 000 kilomètres carrés, dans le sud de l'Alberta. Elle semble offrir un moyen précis et rapide d'évaluer la superficie totale des sols salins dans les provinces des Prairies.

• D'après les résultats d'une étude échelonnée sur 10 ans dans l'ouest du Canada, l'installation de tuyaux de drainage au moyen d'une charrue-taupe peut être un moyen efficace de drainer les sols imbibés d'eau. Le sol doit être composé d'argile ou de loam argileux pour obtenir de bons résultats. Le drainage taupe est beaucoup moins coûteux que les méthodes classiques de drainage par tuyaux ou par tubes d'écoulement.

• En 1946, l'introduction de l'arrosage par aspersion, puis de systèmes d'aspersion spéciaux pour les vergers, a transformé l'irrigation en Colombie-Britannique pour les 40 prochaines années.

Engineering

• In the past 25 years, research engineers have developed a variety of important research instrument systems and plot equipment that have dramatically improved agricultural research capability and efficiency. Examples include micro flour mills for processing research grain samples, advanced computerized data acquisition and analysis systems, efficient seeding and harvesting equipment for research plots, and field spectroscopy apparatus for remote sensing of crop characteristics.

• Design and development of a two-way, forced airflow tunnel dehydrator revolutionized fruit and vegetable dehydration in 1936. The Eidt dehydrator was used extensively in Canada during World War II to produce great quantities of dehydrated vegetables under contract to the British Ministry of Foods. The machine maintained its position in the forefront of dehydration technology until the introduction of fluidized-bed drying in the early 1960s.

• The discovery that fresh commercial hydrated lime in standard paper bags could be used to absorb carbon dioxide by diffusion led to the development in 1959 of the dry-lime scrubber. This apparatus has been adopted universally for use in conjunction with controlled-atmosphere storage and containerized shipments of perishable fruits and vegetables to prevent the accumulation of toxic levels of carbon dioxide.

• Cryogran® is a unique patented process for freezing liquid and semiliquid foods into convenient, high-quality, free-flowing frozen particulate material. The process was developed in the early 1970s and won the 1972 Prix Innovation Technique of the Exposition des Industries alimentaires et agricoles held in Paris. Early work focused on frozen liquid egg, but the process can be used with many other products, including nonfood items. A Canadian company is exploiting the patent, and Cryogran® frozen liquid egg is being used commercially in the baking industry. The export potential for the technology is great, and a firm in Florida is now producing frozen microbial cultures using the process and Canadian equipment.

• In 1973 researchers began a project on the development of the IQB (individual quick blanch) blanching system. After prototype development and testing, an agreement for commercialization was reached. The blancher system was successfully brought up to industrial scale and has won three awards: the Industrial Achievement Award (Institute of Food Technology, United States); the Maybee Award (Canadian Institute of Food Science and Technology); and the Food Processing Honors Award (Putnam Press). Canadian and U.S. patents have been granted on the unit, and blanchers have now been sold in Canada, the United States, Australia, and New Zealand. Tests are continuing with companies in France, West Germany, and Japan. The commercial benefits of this 12-year development are significant in that a Canadian company is manufacturing and selling the most energy-efficient and technologically advanced steam blanchers in the world.

• Food texture is a significant criterion of quality, and its measurement is important in research and quality control in food product development. A versatile texture-measurement apparatus, with electronic recording devices and, eventually, a computer-based system for texture analysis, was developed to provide an accurate, unbiased method of measuring food texture. The system is now produced in Canada and sold around the world.

An egg mixture shown as a free-flowing particulate material obtained by the Cryogran® process. Cryogran® frozen liquid egg is used commercially by the baking industry.

Mélange d'œuf composé de particules coulantes obtenues par le procédé Cryogran®. Les œufs liquides congelés Cryogran® servent dans la préparation de divers produits de boulangerie et de pâtisserie.

• One of the greatest barriers to harvesting silage or other heavy crops from peat soil is the deterioration of the surface, caused by the traffic of heavy loads. A new forage trailer has been developed that can be used as a stacker or silage trailer, or for general bulk haulage. It is supported by three flotation tires on each side and is provided with skids on the low bottom to avoid excessive sinking. Because of the low bottom, it is suitable for use on level ground, free from rocks or stumps. Its low cost and simple maintenance make it an attractive alternative to the tracked trailers commonly in use on peat soils.

• A heavy-duty double-offset disc and a seeder–packer were developed to permit reseeding of depleted rangelands on areas where, because of rocks, brush, and topography, conventional tillage and seeding equipment could not be used. The development of this equipment has provided the potential for increasing the carrying capacity of thousands of hectares of rangeland in the interior of British Columbia. More than 14 000 hectares of depleted grasslands have been seeded during this continuing program.

• An X-ray technique that offers a new method for accurately determining three-dimensional seed placement in the soil has been developed. The technique is based on the principle that seeds coated with a heavy metal powder, when X-rayed within a soil mass, appear as white or gray images on the X-ray film. The X-ray technique now permits the evaluation and design of seeding equipment for three-dimensional seed placement in the seedbed.

• Branch statisticians contributed to the research effort that led to the acceptance of canola oil as safe for human consumption. In addition, the assessment of new cultivars in collaborative trials and the compilation of cereal registers depend on the work of statisticians.

• Statistical research has led to new techniques for field plot experimentation, including methods for determining optimum plot size and for designing large-scale unreplicated variety trials. These methods, together with new techniques for adjusting for fertility

Depuis l'introduction de l'irrigation goutte à goutte à la fin des années 1960, puis de la publication d'un guide de conceptions techniques, les producteurs de fruits disposent d'une autre méthode d'irrigation utile. Les agriculteurs ont été encouragés à avoir recours à ces systèmes, car ils permettaient de réduire les volumes d'eau et la main-d'oeuvre, notamment pour la plantation des vignobles et le replantage des arbres fruitiers en des vergers à grande densité. Depuis l'introduction de cette méthode, de nouveaux modèles perfectionnés de juteurs ont été conçus.

Recherches techniques

• Au cours des 25 dernières années, les chercheurs ont conçu divers systèmes d'instruments et des équipements qui ont amélioré de façon notable les possibilités et l'efficacité de la recherche dans le domaine de l'agriculture. À ce titre, mentionnons des modèles réduits de moulins qui servent à la transformation des échantillons de céréales, des systèmes informatiques perfectionnés de saisie et d'analyse des données, des équipements qui permettent l'ensemencement et la récolte efficaces des cultures sur les parcelles d'expérimentation et des appareils de spectroscopie pour la détermination à distance des caractéristiques des cultures.

• La conception et la mise au point d'une déshydrateuse réversible à circulation d'air poussé a révolutionné la déshydratation des fruits et des légumes en 1936. Pendant la Seconde Guerre mondiale, la déshydrateuse Eidt a été largement utilisée au Canada : on produisait alors de grandes quantités de légumes déshydratés pour le compte du British Ministry of Foods (Ministère chargé de l'alimentation en Grande-Bretagne) avec lequel le gouvernement canadien avait signé un contrat. Cette machine a été l'outil par excellence dans le domaine de la déshydratation jusqu'à l'introduction des techniques de séchage en couches fluidisées au début des années 1960.

• Lorsque les chercheurs ont constaté que la chaux hydratée commerciale fraîche déposée dans des sacs en papier pouvait absorber le gaz carbonique par diffusion, ils ont mis au point un tampon à chaux sèche. Ce fixateur de gaz carbonique qui date de 1959 a été adopté partout dans le monde pour le stockage en milieu contrôlé et le transport par conteneur des fruits et des légumes frais afin de prévenir l'accumulation de concentrations toxiques de gaz carbonique.

• Le Cryogran® est un procédé breveté unique en son genre qui permet la congélation en billes d'aliments liquides et semi-liquides de manière à obtenir un produit surgelé à écoulement libre pratique et de qualité supérieure. Le procédé date du début des années 1970 et a mérité le Prix innovation technique de l'Exposition des industries alimentaires et agricoles qui a eu lieu à Paris en 1972. Au départ, les chercheurs ont principalement eu recours au procédé pour la congélation de la coule d'oeufs, mais celui-ci se prête à la congélation de nombreux autres produits, dont des articles non alimentaires. Une société canadienne exploite le brevet, et les oeufs liquides surgelés par le procédé Cryogran® sont vendus aux boulangeries. Cette technologie offre un bon potentiel d'exportation, et une société de la Floride produit actuellement des cultures microbiennes surgelées en utilisant ce procédé et des équipements canadiens.

• En 1973, les chercheurs ont amorcé un projet afin de mettre au point un système de blanchiment rapide individuel. Après la création et la mise à l'épreuve des prototypes, une entente a été conclue en vue de la commercialisation du système. Le blancheur a été adapté aux besoins de l'industrie et a mérité trois prix : l'Industrial Achievement Award (Prix des réalisations industrielles) de l'Institute of Food Technology (Institut des techniques alimentaires) des États-Unis; le prix Maybee de l'Institut canadien de science et technologie alimentaires; et le Food Processing Honors Award (Prix de la transformation des aliments) du Putnam Press. Des brevets ont été accordés au Canada et aux États-Unis, et les blancheurs sont actuellement vendus au Canada, aux États-Unis, en Australie et en Nouvelle-Zélande. La France, l'Allemagne et le Japon mettent actuellement le système à l'essai. Ce système, qui est le fruit de 12 années de recherches, offre d'importants avantages commerciaux : une société canadienne fabrique et commercialise ces blancheurs à vapeur qui sont les plus perfectionnés au monde et offrent le meilleur rendement énergétique.

• La texture des aliments est un critère de qualité capital qui revêt beaucoup d'importance dans la création des produits alimentaires, notamment au stade de la recherche et du contrôle de la qualité. Un appareil de mesure, d'une grande souplesse d'emploi, qui est muni de dispositifs électroniques d'enregistrement et pourra être couplé à un système informatique pour l'analyse de la texture, a été mis au point pour mesurer avec précision la texture des aliments. Le système est actuellement fabriqué au Canada et vendu partout dans le monde.

• L'un des plus grands inconvénients de la récolte des fourrages verts et d'autres cultures lourdes dans les sols tourbeux est la détérioration de la surface causée par le déplacement des grandes charges. Les chercheurs ont mis au point une nouvelle remorque qui peut servir pour l'empilage ou le transport des fourrages verts ou encore pour le transport en vrac en général. Trois pneus de type flottation soutiennent la remorque de chaque côté et le fond surbaissé est muni de patins pour éviter qu'il y ait enfoncement excessif. En raison de son fond surbaissé, la remorque peut être utilisée sur les terrains plats où il n'y a ni roches ni souches. Ce véhicule peu coûteux et qui exige un entretien simple est un bon substitut aux remorques à chenilles utilisées habituellement sur les sols tourbeux.

• Un pulvériseur résistant à doubles disques déportés et un semoir-entasseur ont été conçus pour le réensemencement des pâturages épuisés dans les régions où, à cause des roches, de la broussaille et de la topographie, les charrues et les semoirs classiques ne peuvent pas être utilisés. Grâce à ce nouvel équipement, il sera possible d'augmenter la charge de bétail sur des milliers d'hectares de pâturage dans la partie intérieure de la Colombie-Britannique. Plus de 14 000 hectares de pâturages épuisés ont été ensemencés dans le cadre de ce programme permanent.

• Une nouvelle technique par rayons X permet la localisation tridimensionnelle des semences dans le sol. Les semences recouvertes d'une couche de poudre de métaux lourds forment des zones blanches ou grises sur les pellicules de rayons X. Cette technique permet actuellement d'évaluer et de concevoir des machines qui répartissent les semences selon le même procédé.

• Les statisticiens de la Direction ont participé aux recherches qui ont abouti au classement de l'huile de colza au rang des denrées comestibles. En outre, ils ont apporté un précieux concours à l'évaluation des nouveaux cultivars au cours des projets conjoints d'essai et de compilation des registres de céréales.

• Les recherches statistiques ont permis de créer de nouvelles techniques d'essai dans les parcelles expérimentales, dont des méthodes de détermination de la taille optimale des parcelles et

trends, have substantially improved the efficiency of breeding improved cultivars. In pesticide research, new approaches for assessing synergistic and antagonistic effects were developed. The development of the conditional principle in pattern formation is a major achievement in this area of statistical research.

Biological resources

- The northern insect survey was begun in 1947 as a joint project of the departments of Agriculture and National Defence. The first 10 years of the survey saw over 60 parties of entomologists collect almost 1 million specimens in northern Canada, Greenland, and Alaska. Subsequent expeditions have extended and complemented the nucleus of research material generated by the survey. The extensive northern holdings are one of the hallmarks of the Canadian National Collection of Insects and Arachnids and are used by researchers around the world.

- In 1953 a new classification of the hyphomycetes fungi was proposed, based primarily on conidiophore structure. The system has given more credibility to the classification of fungi of this important group, which contains major plant pathogens.

- A system for cultural identification of wood-rotting fungi, and the development of flexible keys to which further species could be added as they were determined, proved valuable to forest pathologists in Canada and abroad. Furthermore, this practical work was influential in upsetting the Friesian (macroscopic) generic concept in which unrelated fungi were often grouped together or closely related ones were scattered in two or more families. Microscopic and biochemical characters are now so universally accepted that it is hard to realize that these revolutionary conclusions were presented as recently as 1959.

- The *Manual of Nearctic Diptera, Volume 1*, represents the culmination of a coordinated effort to compile information on the biosystematics of flies in the Nearctic region. Incorporating contributions by authorities on the various taxa of flies throughout the world, it will remain one of the fundamental references for research in Diptera for many years.

- A monograph on the fleas of Canada, Alaska, and Greenland was published in 1985. This book represents the first comprehensive taxonomic treatment of the species of an entire order of insects in this country, and serves as a model for studies of other groups.

Biotechnology

- Anther culture techniques have been improved to achieve high frequencies of embryogenesis in canola and cole crops. Methods for achieving efficient regeneration of haploids and doubled haploids from anther-derived embryos have been developed. Canola breeders are currently using this technology to reduce the time required for new cultivar development.

- Equipment has been constructed to facilitate the handling of viable isolated protoplasts, and techniques have been developed to achieve intranuclear microinjection of protoplasts. Injection of alfalfa protoplasts with wild-type Ti plasmid resulted in transformation frequencies of 25–30%, indicating that microinjection offers a powerful method for transferring agronomically important genes to crop plants.

- Somatic hybridization techniques have been developed to induce high frequencies of embryogenesis and plant regeneration in cell and protoplast cultures of eggplant. Eggplant protoplasts have been successfully fused with protoplasts of a wild species of *Solanum*, which is sexually incompatible with but highly resistant to nematodes and spider mites. Regenerated hybrids, although sterile, were shown to be nematode-resistant.

- Methods have been developed for achieving high-frequency embryogenesis and plant regeneration from alfalfa tissue and cell and protoplast cultures. This alfalfa tissue culture technology is being used routinely in studies on low-temperature adaptation, mutant isolation, somatic hybridization, and genetic transformation through microinjection.

- Successful plant regeneration of barley, wheat, and triticale has been achieved and numerous F_1 intergeneric cereal hybrids have been produced with the use of anther and callus cultures. This intergeneric hybridization facilitates the incorporation into domestic cereals of useful traits from wild relatives.

- Monoclonal antibodies specific for plant disease viruses have been developed and applied to virus identification and to the study of virus relationships and structures. A monoclonal antibody specific for diagnosing the causal agent of bacterial ring rot of potato has been developed.

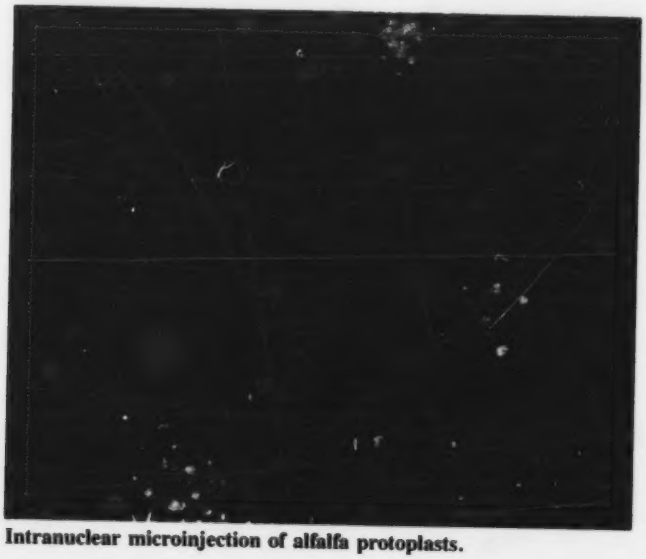
- Complementary deoxyribonucleic acid (cDNA) technology has been used to develop an effective diagnostic probe for the rapid detection of potato spindle tuber viroid in crude plant sap.

- The presence of high-molecular-weight double-stranded ribonucleic acid (dsRNA) of host origin has been demonstrated for the first time in plants. These results indicate a serious limitation in the use of dsRNA as a determinant for dsRNA plant viruses.

Plantlet regeneration from the basal leaf callus of Chinese spring wheat.

Régénération d'une micro-plante à partir des cals de feuilles basilaires du blé de printemps Chinese.

d'élaboration de modèles d'essais non répétés à grande échelle des nouveaux cultivars. Ces méthodes ainsi que les nouvelles techniques de correction en fonction des tendances de la fertilité ont permis d'accroître notablement l'efficacité de la sélection de cultivars améliorés. Dans le domaine des pesticides, de nouvelles méthodes d'évaluation des effets synergiques et antagonistes ont été mises au point. L'établissement du principe conditionnel de la création des tendances est une réalisation capitale dans le domaine de la recherche statistique.



Intranuclear microinjection of alfalfa protoplasts.

Micro-injection intranucléaire de protoplastes de luzerne.

Microbiologists are working to better exploit symbiosis between *Rhizobium* bacteria and leguminous host plants.

Des microbiologistes mènent des recherches pour mieux tirer partie de la symbiose entre les bactéries *Rhizobium* et les légumineuses hôtes.

Ressources biologiques

• En 1947, les ministères de l'Agriculture et de la Défense nationale ont amorcé une étude conjointe sur les insectes dans le nord. Pendant les 10 premières années de l'étude, plus de 60 équipes d'entomologistes ont recueilli près d'un million de spécimens dans le nord du Canada, au Groenland et en Alaska. Les expéditions ultérieures ont grossi et complété le matériel de recherches de base rassemblé par les premières équipes d'entomologistes. Les nombreux spécimens recueillis dans le nord constituent l'un des éléments les plus remarquables de la Collection nationale canadienne d'insectes, d'arachnides et de nématodes et sont utilisés par les chercheurs dans le monde entier.

• En 1953, une nouvelle classification des hyphomycètes fondée principalement sur les conidiophores a été proposée. Depuis, la classification de ce groupe considérable de champignons, qui englobe d'importants pathogènes des plantes, est plus fiable.

• Les spécialistes canadiens et étrangers des maladies des arbres ont trouvé fort utile le système d'identification des champignons causant la pourriture du bois au moyen de cultures. En outre, ces travaux ont contribué à réfuter le concept générique de Fries basé sur les caractères macroscopiques qui regroupe souvent des champignons non apparentés ou répartit en deux familles ou plus des champignons étroitement apparentés. Les caractères microscopiques et biochimiques sont actuellement reconnus de tous, et il est difficile de croire que ces découvertes révolutionnaires datent de 1959 seulement.

• Le *Manual of Nearctic Diptera, Volume 1* (Manuel des diptères des régions néarctiques, volume 1) est l'aboutissement d'une compilation coordonnée des connaissances en biosystématique sur les régions néarctiques. Les contributions de spécialistes qui font autorité en matière de divers taxons de diptères dans le monde font que cet ouvrage demeurera l'un des manuels de référence des chercheurs pendant de nombreuses années.

• Une monographie des puces du Canada, de l'Alaska et du Groenland a été publiée en 1985. Il s'agit de la première étude taxonomique complète des espèces de tout un ordre d'insectes du Canada qui servira de modèle d'études pour d'autres groupes.

Biotechnologie

• Les techniques de culture des anthères ont été améliorées pour maximiser la fréquence d'embryogénèse du colza et des choux. Des méthodes qui permettent la régénération efficace des haploïdes et des diploïdes à partir d'embryons obtenus par culture des anthères ont été mises au point. Les sélectionneurs de colza se servent actuellement de cette technologie pour créer plus rapidement des cultivars.

• Un nouvel équipement qui facilite la manutention des protoplastes isolés viables et des techniques de micro-injection intranucléaire de protoplastes ont été mis au point. Après l'injection de plasmide Ti de souche sauvage, les chercheurs ont observé des taux de transformation de l'ordre de 25 à 30 %, ce qui révèle que la micro-injection est une méthode extrêmement efficace pour le transfert des gènes qui favorisent le rendement des cultures.

• De nouvelles techniques d'hybridation somatique permettent de maximiser l'embryogénèse et la régénération des plantes à partir de cultures de cellules et de protoplastes de l'aubergine. Les cher-

• Gene clusters responsible for the nitrogen-fixation efficiency of *Rhizobium meliloti* have been identified and cloned. The significance of the genotypic factors of both the bacteria and the leguminous host plant on nodulating competitiveness and persistence has been established.

• With the use of ^{15}N isotope techniques, it has been demonstrated conclusively that certain lines of wheat can fix as much as one-third of their plant nitrogen requirement when associated with a bacillus (C-11-25). These results provide an exciting basis for future research on the introduction of nitrogen-fixing ability in cereals and grasses.

• A study of the symbiotic fixation of nitrogen in the Arctic has revealed that biological systems function at temperatures near the freezing point. The *Rhizobium* species that nodulates these plants offers attractive growth and adaptation characteristics in terms of genetic engineering. In particular, researchers believe that the *Rhizobium* species of arctic origin could improve the symbiotic system of plants that grow in temperate climates, such as alfalfa.

• Techniques have been developed for the isolation of DNA from rumen bacteria. Genes responsible for fiber degradation have been isolated and cloned, and gene banks have been prepared for two major rumen bacteria.

Protection

• The pale western cutworm first occurred as a pest in Alberta in 1911. Sporadic outbreaks since then have destroyed many thousands of hectares of crops. In 1921, it was discovered that pale western cutworm moths would not lay eggs in soil with a surface crust. Farmers were advised not to cultivate fields during August and early September, when the moths were laying eggs. In the 1970s, species-specific sex pheromones of the pest species of cutworms were identified and synthesized. Monitoring the population levels of this species in southern Alberta indicated a progressive increase before the outbreaks of 1984 and 1985. Forecasts based on the monitoring program resulted in early detection and more effective control of the infestation.

• In 1937–1938 apple growers in British Columbia faced a crisis because of the resistance of codling moth to lead arsenate. Damage was excessive, and the U.S. market was lost as a result of high arsenate residues. Cryolite and fixed nicotine-oil were substituted, thus reducing damage to acceptable levels and safeguarding apple production through the vital years of World War II. During the 1960s and 1970s research culminated in the successful control of the codling moth by releasing sterile insects into the general population. A recent economic evaluation has shown that the cost of this method is equivalent to the cost of chemical control. The development of a sex-pheromone-baited trap for monitoring populations of codling moth and population-damage relationships in the mid 1970s resulted in a 50% reduction of pesticides used.

• Annual surveys of grasshopper populations began in 1932, and since then there have been six major outbreaks—in 1933, 1936, 1941, 1962, 1975, and 1985. Population densities of adults provide an indication of the number of eggs laid and of the potential for an infestation the following year. Applications of insecticides are the most effective means of control, and comparative toxicity studies assess the impact of insecticides on grasshoppers, other insects, crops, and the environment. Computer models have been developed for monitoring and forecasting location and severity of outbreaks.

A grasshopper on a wheat stem. The damage caused by this pest costs prairie farmers millions of dollars annually.

Une sauterelle sur une tige de blé. Les dommages causés par ce ravageur coûtent des millions de dollars par année aux agriculteurs des Prairies.

Patterns of use for a number of insecticides have been developed. The dose of several insecticides can be greatly reduced when the chemical is applied on a bran bait. Also, the number of eggs laid, and therefore subsequent populations, can be greatly reduced by a protozoan parasite of grasshoppers. Progress is being made on biological control with this parasite.

• The benefits of integrated pest management were clearly seen in Canada in the late 1940s, when natural orchard parasites and predators were used together with a modified spray program to control pests of apple orchards in the Annapolis Valley. This control strategy allowed parasites and predators to function as natural control agents in orchards for certain pests, while selective pesticides controlled the rest. Integrated pest management can result in substantial economic benefits because of savings in pesticide costs.

• The survival of insects over long periods at low temperatures during the winter was studied during the 1950s and 1960s, when many of the principles of insect coldhardiness, which are still in use, were established. The ability of some insects to supercool to about $-30°C$ was explained by the role of nucleators and cryoprotectors, such as glycerol and sorbitol. This was a significant scientific contribution to the understanding of coldhardiness.

cheurs ont réussi à fusionner les protoplastes de l'aubergine avec celles d'une espèce de *Solanum* sauvage, qui est sexuellement incompatible, mais est fortement résistante aux nématodes et aux tétranyques. Bien qu'ils soient inféconds, les hybrides régénérés résistent bien aux nématodes.

• Des méthodes qui permettent de maximiser l'embryogénèse et la régénération des plantes à partir de cultures de tissus, de cellules et de protoplastes de la luzerne ont été mises au point. Ces techniques de culture des tissus de la luzerne sont employées régulièrement au cours des études sur l'adaptation aux basses températures, l'isolation des mutants, l'hybridation somatique et la transformation génétique par micro-injection.

• Il est possible de régénérer l'orge, le blé et le triticale et de créer des hybrides intergénériques F_1 des céréales à partir de cultures d'anthères et de callus. Cette méthode d'hybridation intergénérique facilite l'introduction de caractéristiques utiles des céréales sauvages chez les céréales cultivées.

• Des anticorps monoclonaux spécifiques aux virus des maladies qui s'attaquent aux plantes ont été préparés et servent à l'identification des virus et à l'étude de leurs structures et des relations qui existent entre eux. Un anticorps spécifique qui permet de déterminer la source de la flétrissure bactérienne de la pomme de terre a été préparée.

• Les chercheurs ont eu recours à des techniques de préparation de l'acide désoxyribonucléique complémentaire (ADNc) pour mettre au point un outil qui permet de diagnostiquer efficacement et rapidement le viroïde de la filosité des tubercules de la pomme de terre dans la sève brute des plantes.

• La présence d'acide ribonucléique à doubles brins (ARNds) et à poids moléculaire élevé chez les hôtes a été observée pour la première fois chez les plantes, ce qui révèle que l'utilisation de l'ARNds comporte d'importantes limitations pour la détection des virus ARNds des plantes.

• Les groupes de gènes qui commandent la fixation d'azote chez *Rhizobium meliloti* ont été identifiés et établis par clonage, et les chercheurs ont déterminé l'influence des facteurs génotypiques des bactéries et des légumineuses hôtes sur la compétitivité dans la production de nodosités et la persistance.

• À l'aide des techniques de l'isotope ^{15}N, il a été démontré que certaines lignées de blé peuvent fixer elles-mêmes l'azote de manière à obtenir le tiers des réserves requises lorsqu'elles sont associées à un bacille (C-11-25). On prévoit des applications dans la sélection de céréales et de graminées capables de fixer l'azote de l'air.

• D'après une étude sur la fixation symbiotique de l'azote dans l'Arctique, les systèmes biologiques y sont adaptés à des températures qui s'approchent du point de congélation. L'espèce *Rhizobium* qui favorise la production de nodosités chez ces plantes offre des caractéristiques de croissance et d'adaptation attrayantes en vue de la sélection. D'après les chercheurs, l'espèce *Rhizobium* d'origine arctique pourrait améliorer le système symbiotique des légumineuses qui croissent dans les régions tempérées, comme la luzerne.

• Des techniques d'isolation de l'ADN des bactéries du rumen ont été mises au point. Les gènes responsables de la dégradation des fibres ont été isolés et reproduits par clonage, et des banques de gènes de deux des principales bactéries du rumen ont été constituées.

Protection des cultures

• Le ver-gris orthogonal est devenu nuisible en Alberta en 1911. Depuis, des infestations sporadiques ont détruit plusieurs milliers d'hectares de cultures. En 1921, on s'est rendu compte que les papillons du ver-gris orthogonal ne pondaient pas d'oeufs dans les sols dont la surface était durcie. On a recommandé aux agriculteurs de ne pas cultiver leurs champs en août et au début de septembre, pendant la période de ponte des papillons. Durant les années 1970, des phéromones (attractifs sexuels) spécifiques de l'espèce nuisible de ver-gris ont été identifiées et synthétisées. Au cours des programmes de surveillance de cette espèce dans le sud de l'Alberta, on a observé une augmentation progressive des populations avant les infestations de 1984 et 1985. Les prévisions faites grâce au programme de surveillance ont permis de déceler rapidement et de mieux contenir l'infestation.

• En 1937–1938, les propriétaires de pommeraies en Colombie-Britannique ont vécu une situation critique en raison de la résistance de la carpocapse de la pomme à l'arséniate de plomb. Il y a eu des dommages excessifs, et les États-Unis ont interrompu les importations à cause des forts résidus d'arséniate. Ce pesticide a été remplacé par la cryolithe et l'huile de nicotine fixée de manière à réduire les dommages à des niveaux acceptables et à protéger les récoltes de pommes pendant les années cruciales de la Seconde Guerre mondiale. Au cours des années 1960 et 1970, les recherches ont abouti à une méthode efficace de lutte contre la carpocapse de la pomme par la libération d'insectes inféconds dans la population. D'après les résultats d'une étude économique récente, le coût de cette méthode est équivalent à celui de la lutte chimique. Au milieu des années 1970, l'utilisation de pièges appâtés aux phéromones sexuelles pour la surveillance des populations de carpocapses de la pomme et des relations population-dommage a permis de réduire les dosages de pesticides dans une proportion de 50 %.

• Les études annuelles des populations de sauterelles ont commencé en 1932 et, depuis, il y a eu six importantes infestations, à savoir en 1933, 1936, 1941, 1962, 1975 et 1985. D'après les densités des populations d'adultes, on peut évaluer le nombre d'oeufs qui seront pondus et les risques d'infestation au cours de l'année qui suit. L'application d'insecticides constitue le moyen de lutte le plus efficace et, au cours des études comparatives sur la toxicité, on évalue les effets des insecticides sur les sauterelles, d'autres insectes, les cultures et l'environnement. On a recours à la modélisation pour surveiller et prévoir l'emplacement et l'intensité des infestations. Des modèles d'utilisation d'un bon nombre d'insecticides ont été mis au point. Il est possible de réduire considérablement le dosage de plusieurs types d'insecticides en appliquant le produit chimique sur un appât au son. En outre, le nombre d'oeufs pondus et, par conséquent, les populations ultérieures peuvent être réduites considérablement par l'introduction d'un protozoaire parasite des sauterelles. Les chercheurs ont réalisé des progrès en matière de lutte biologique par l'introduction de ce parasite.

• Les avantages de la lutte intégrée ont nettement été mis en évidence au Canada à la fin des années 1940, au moment où des parasites et des prédateurs naturels des vergers ont été employés de concert avec un programme de pulvérisation modifié pour lutter contre les parasites des pommeraies dans la vallée de l'Annapolis. Au moyen de cette stratégie, les parasites et les prédateurs ont lutté

• In the mid 1960s, resistance of phytophagous mites to acaricides in orchards made conventional chemical controls nearly useless. The development of recommendations for integrated chemical and biological control, using selective pesticides and a native predaceous mite, dramatically reduced acaricide requirements.

• With the use of computers and a recorded message system, the aphid alert program started in the early 1970s assists New Brunswick potato growers by providing them with up-to-date information on the abundance and dates of arrival of pests. The program has been a key element in controlling potato leaf roll disease. Recent research in support of the program has resulted in a resurgence of interest in the use of oil sprays and a reduction of the monitoring effort required.

• Studies of the structure and function of the mouthparts of vector insects including aphids, leafhoppers, whiteflies, and mealybugs have shown how these insects acquire viruses and mycoplasmas from diseased plants and transmit them to healthy plants. Research on the population dynamics of aphids is being used to predict the timing of their flights into potatoes and strawberries. The data are used to develop strategies for preventing infection of the crops with important virus diseases transmitted by the winged aphids.

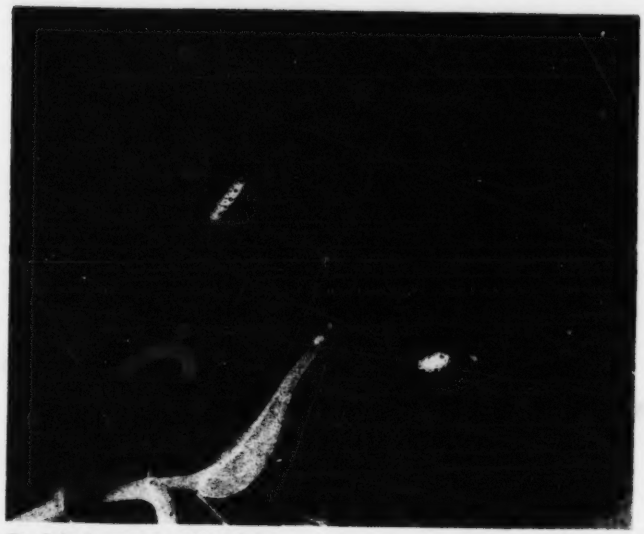
• The onion maggot has been used as a model system for developing and implementing integrated pest management systems. An economical procedure for mass producing the onion maggot has been developed that can produce up to 10 million insects per year, and the release of sterile males into the population may be a useful method for control of this insect. A program for monitoring the population has been developed. More than 90 native predators of the onion maggot have been identified. Mass-culture techniques have been described for a total of three predators and parasites and one pathogen. Field trials indicate that two parasites may have potential for onion maggot control.

• During the mid 1970s the European skipper was established as having an economic impact on timothy production. Effective chemical and biological control programs were developed, and a nucleopolyhedrosis virus disease was introduced that significantly reduced populations of the pest.

• Specifications have been developed and integrated for effective treatment of rivers to control black flies in the Athabasca River basin. Effective, regular treatments since the 1970s have greatly reduced the black-fly outbreaks and have preserved the economic viability of the regional livestock industry. A silhouette trap baited with dry ice was found to be the most effective way of monitoring populations of black flies that are pests of cattle.

• A 7-year study on the distribution and behavior of warble flies on prairie rangeland demonstrated that integrated pest management can be effective in eradicating cattle grubs. Combining a scheduled release of sterile male flies with an existing chemical control program on a large ranch eliminated grubs of *Hypoderma lineatum* from cattle within 3 years.

• Leafcutter bees are the most important pollinators of alfalfa crops. The dried fruit moth is a parasite of leafcutter bee nests, and methods for its control are currently being sought. A synthetic sex pheromone that can be used to attract male moths has been developed, thus providing a method for monitoring the occurrence and abundance of the parasite so that early control methods can be implemented.



St. John's-wort beetle (adult).

Chrysomèle (adulte) du millepertuis.

• Canadian fruit has always been denied access to the Japanese market because of Japan's quarantine against the codling moth. A fumigation method was developed to kill codling moths in harvested cherries, and the first shipment of cherries that had received this treatment was exported to Japan in 1983. Modifications of the fumigation method are expected to open the Japanese market to Canadian apples.

• Ivermectin has been shown to have unprecedented efficacy as a broad-spectrum parasiticide for livestock. In contrast with other parasiticides, such as the systemic organophosphorous compounds, ivermectin gave 100% control of both common and northern cattle grubs. Because of its effectiveness as an injectable material, it can be administered in small, measured quantities with reduced risk of overdosage, spillage, and environmental contamination.

• A new electrostatic system has been developed that improves deposition of insecticide sprays for treating the inside surfaces of barns. The apparatus generates dual clouds in the center of an enclosed space—an upper cloud consisting of fine insecticide droplets and a lower one of fine, clean water droplets. Droplets in both clouds are electrically charged with the same negative polarity. Repulsion of the droplets between the two clouds and attraction to inside surfaces of a building result in deposition of the insecticide on the ceiling and upper parts of walls. The system saves insecticide, labor, and time in livestock barn operations.

• Fundamental studies on various physiological modes of action of certain classes of insecticides have led entomologists of the Research Branch to the discovery of synergistic interactions between certain combinations of chemicals. Mixtures of such insecticides are more effective than either of their individual components used alone and thus can be used at lower rates and reduced cost.

• Over the past 20 years experimental studies have helped to identify the mechanisms that determine the ability of perennial

naturellement contre certains insectes nuisibles dans les vergers, et on a eu recours à des pesticides sélectifs pour lutter contre les autres insectes indésirables. La lutte intégrée peut permettre de réaliser des profits considérables en raison de la réduction des coûts des pesticides.

• La survie des insectes pendant de longues périodes à de basses températures en hiver a fait l'objet de nombreuses études au cours des années 1950 et 1960, au moment où bon nombre des théories sur la résistance au froid des insectes auxquelles nous avons encore recours actuellement ont été établies. La capacité de certains insectes de résister à des températures très basses (–30 °C environ) (phénomène de la surfusion) a été expliquée par le rôle des particules de matières organiques et inorganiques et des cryoprotectants comme le glycérol et le sorbitol. Cette découverte scientifique a fortement aidé les chercheurs à comprendre le phénomène de la résistance au froid.

• Au milieu des années 1960, en raison de la résistance des acariens phytophages aux acaricides dans les vergers, la lutte chimique classique est devenue quasi inopérante. Les recommandations relatives à la lutte chimique et biologique intégrée au moyen de pesticides sélectifs et d'acariens prédateurs indigènes ont entraîné une réduction notable du dosage d'acaricides.

• À l'aide d'ordinateurs et d'un système d'enregistrement des messages, le programme de surveillance des aphidés, qui a été mis en oeuvre au début des années 1970, fournit aux agriculteurs qui exploitent les pommes de terre au Nouveau-Brunswick des renseignements mis à jour sur l'abondance et les dates d'arrivée des insectes nuisibles. Le programme a joué un rôle clé dans la lutte contre l'enroulement de la pomme de terre. Au cours de recherches récentes menées au profit du programme, on s'est de nouveau intéressé aux produits d'aspersion à base d'huile de manière à réduire les activités de surveillance.

• D'après les études de la structure et des fonctions des pièces buccales des insectes vecteurs, dont les aphidés, les cicadelles, les aleurodes et les cochenilles, ces insectes contractent des virus et des mycoplasmes sur les plantes atteintes de ceux-ci et les transmettent aux plantes saines. On effectue des recherches sur la dynamique des populations d'aphidés afin de prévoir le moment de leur arrivée dans les champs de pommes de terre et de fraises. Les données rassemblées servent à élaborer des stratégies de lutte contre l'infection des cultures par d'importantes maladies virales transmises par les aphidés ailés.

• La mouche de l'oignon a servi de modèle pour l'élaboration et la mise en oeuvre de programmes de lutte intégrée. Une nouvelle méthode peu coûteuse d'élevage de masse de la mouche de l'oignon permet de produire jusqu'à 10 millions d'insectes par an, et la libération de mâles inféconds dans la population constitue peut-être un moyen utile de lutter contre cet insecte. Un programme de surveillance des populations de la mouche de l'oignon a été mis en oeuvre. Plus de 90 prédateurs indigènes de cet insecte ont été identifiés. Des techniques de culture massive ont été décrites pour un total de trois prédateurs et parasites et un pathogène. D'après les essais sur le terrain, deux parasites ont peut-être le potentiel de lutter efficacement contre la mouche de l'oignon.

• Au milieu des années 1970, les chercheurs ont déterminé que l'hespérie des graminées avait des répercussions sur le rendement des champs de phléoles des prés. Des programmes efficaces de lutte chimique et biologique ont été élaborés, et un virus des polyédroses nucléaires a été introduit et a permis de réduire considérablement les populations d'hespéries.

• Nous disposons d'un traitement efficace pour la lutte contre les mouches noires dans le bassin de la rivière Athabasca. Depuis les années 1970, le recours à ces traitements sur une base régulière a permis de réduire notablement les infestations de mouches noires et de sauvegarder l'industrie de l'élevage dans la région. Le piège silhouette avec appât de glace sèche est le moyen le plus efficace de surveiller les populations de mouches noires qui s'attaquent au bétail.

• D'après une étude de 7 ans sur la répartition et le comportement des hypodermes dans les pâturages des Prairies, la lutte intégrée peut permettre d'éradiquer ces insectes. De concours avec la lutte chimique, la libération de mâles inféconds a permis d'éliminer en 3 ans l'hypoderme *Hypoderma lineatum* qui s'attaquait au bétail d'une grande exploitation.

• Les abeilles coupeuses de feuilles sont les plus importants pollinisateurs de la luzerne. *Vitula edmandsae serratilineella* est un parasite des nids des abeilles coupeuses des feuilles, et on tente actuellement de trouver une méthode de lutte contre cet insecte. Un phéromone sexuel synthétique qui peut servir à attirer les mâles a été préparé, ce qui permettra de surveiller la répartition et l'abondance de cet insecte nuisible de manière à en contenir les populations dès les premiers signes d'infestation.

• Le Japon a toujours refusé d'importer les fruits canadiens en raison de ses exigences de quarantaine pour le dépistage de la carpocapse. Une nouvelle méthode de fumigation permet de tuer les carpocapses dans les récoltes de cerises et, en 1983, le premier chargement de cerises fumigées de la sorte a été exporté au Japon. Le Canada prévoit également exporter des pommes dans ce pays lorsque la méthode de fumigation aura été adaptée convenablement.

• L'ivermectine est un produit antiparasitaire polyvalent d'une efficacité sans précédent chez le bétail. Contrairement aux autres antiparasitaires comme les composés organophosphorés systémiques, l'ivermectine assure une protection totale contre les infestations d'hypodermes rayés et d'hypodermes du boeuf. Puisqu'il peut être injecté efficacement, ce produit peut être administré en très petites quantités, limitant ainsi les risques de surdosage, de gaspillage et de contamination de l'environnement.

• Un nouveau système électrostatique permet d'assurer une meilleure application d'insecticide sur les parois intérieures des granges. L'appareil produit deux nuages au centre de l'enceinte à traiter. Le nuage supérieur est composé de fines gouttelettes d'insecticide tandis que le nuage inférieur ne contient que de l'eau pure. Les gouttelettes des deux nuages portent une charge électrique négative. Elles se repoussent donc les unes les autres pour être attirées par les parois intérieures du bâtiment. L'insecticide se dépose au plafond et sur la paroi supérieure des murs. Cette méthode permet à la fois des économies d'insecticide, de main-d'oeuvre et de temps dans les exploitations d'élevage.

• Par le biais d'études fondamentales sur les divers types de réactions physiologiques de certaines catégories d'insecticides, les entomologistes de la Direction générale de la recherche ont constaté des interactions synergiques entre certaines combinaisons de produits chimiques. Les mélanges de ces insecticides sont d'une plus grande efficacité et permettent donc de réduire les dosages et les coûts.

weeds such as quack grass, leafy spurge, and Canada thistle to regenerate from buds on the roots. Research has also provided information on the genetic and environmental factors that control flowering and seed germination in such annual weeds as stinkweed and wild oats. A research program on the biology and control of wild oats, the major annual weed in western Canada, has provided information on the causes of seed dormancy and on the use of herbicides for the control of wild oats. Studies on the uptake and translocation of herbicides in various perennial weeds have provided a better understanding of the factors that influence herbicide effectiveness and of the complex interaction between the herbicide and the physiology of the plants.

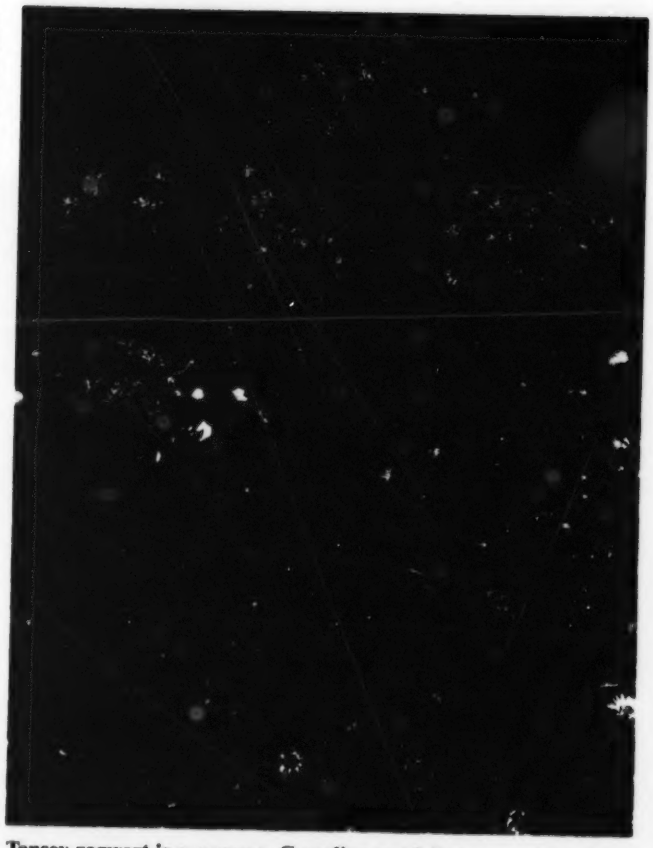
• In the early 1950s St. John's-wort formed large stands on the grasslands of interior British Columbia, where it became a dominant weed. Leaf beetles released in 1951 and 1953 have played a key role in reducing St. John's-wort to scattered plants or small patches in British Columbia, Ontario, Nova Scotia, and New Brunswick. The use of herbicides to control the weed in public and private lands has almost ceased, and St. John's-wort was removed from the noxious weed list in 1976.

• In the early 1960s a long-term program on weed surveys was begun. The distribution of 45 common weeds was mapped and the percentage of land infested by these weeds was published in a comprehensive report. Beginning in 1975 a new project was initiated, with the goal of providing current data on weed distribution and abundance. A computer-based system for monitoring weed populations was designed, developed, and implemented for cereal and oilseed crops in Saskatchewan. The project has been expanded to provide weed surveys for 8 out of 10 provinces, and it is the only source of quantitative data on weeds in crops in Canada.

• In 1970 stands of flowering nodding thistle plants, reaching densities of up to 150 000 plants per hectare, were common in pastures. The thistles extended for many kilometres along roadsides, inhibiting grazing. The European seed-head weevil was first released in Saskatchewan in 1968 after extensive host specificity tests and has successfully reduced the population of nodding thistle to under 10% of its former density. Nodding thistle has largely disappeared from pastures, persisting mainly on disturbed ground along roadsides and gravel pits. Effective populations of the weevil are now established in Saskatchewan, Manitoba, Ontario, and Quebec, and releases have been made in New Zealand and parts of the United States.

• Continuing studies on monitoring of airborne herbicide residues have established that vapor loss to air is a major route for herbicide dissipation from treated fields, for such herbicides as 2,4-D esters, triallate, and trifluralin. More recent work quantifies herbicide vapor losses under actual field conditions using the mass-balance approach. These studies measure the total amount of herbicide dissipation in the soil, crop, and air under large-scale field conditions. Earlier work on 2,4-D esters led to departmental recommendations in the early 1970s to phase out the use of butyl esters and to establish controlled use of less volatile esters of 2,4-D.

• A method of selectively placing a nonselective herbicide in the soil in order to obtain weed control in a nontolerant crop has been developed. The technique has made possible the selective control of wild oats in cereals and small grains with the herbicide triallate. This achievement represents a major advance in weed control technology, paving the way to the introduction of many other successful herbicide treatments.



Tansey ragwort is a common Canadian weed that occurs in pastures and is poisonous when eaten by cattle.

Le séneçon jacobée, mauvaise herbe courante dans les pâturages au Canada, est toxique s'il est ingéré par les bovins.

• A preliminary model of a multispecies weed community in Saskatchewan wheat crops has recently been developed. The model is based on weed counts taken 3–4 weeks after the crop has been planted and can be used to predict yield losses that are likely to occur. The model includes crop density and potential yield as variables. This research indicates that the current agronomic practice of ignoring crop density and the use of one-weed one-crop models for estimating yield may cause substantial distortion to the apparent relationship between weeds and crops. Eventually, farmers may be able to include weed densities from a specific field in a mathematical formula to determine whether herbicide applications are warranted, based on the cost of the chemical versus potential yield loss.

• Pioneering research on cereal diseases includes the elucidation of the sexual stage of wheat rust; research on the genetics of virulence; elaboration of the gene-for-gene theory (i.e., for every gene for avirulence in the parasite there exists a corresponding gene for resistance in the host) of host–parasite interactions; and classical analyses of the evolution of the smut fungi and of host–parasite interactions. These and other continuing studies on cereal pathogens and their hosts provide the foundation for the development of disease-resistant varieties.

• Until the 1950s, virus diseases of tree fruits caused considerable losses of young trees, destroyed fruit quality, and reduced total

• Au cours des 20 dernières années, les recherches expérimentales ont aidé à identifier les mécanismes qui permettent aux mauvaises herbes pérennes comme la quintefeuille, l'euphorbe ésule et le chardon des champs de se reproduire à partir de bourgeons situés sur les racines. Des données ont également été rassemblées sur les facteurs génétiques et environnementaux qui influent sur la floraison et la germination des graines chez les mauvaises herbes annuelles comme le tabouret des champs et la folle avoine. Au cours d'un programme de recherches sur la biologie de la folle avoine, qui est la mauvaise herbe annuelle dominante dans l'ouest du Canada, et sur la lutte contre celle-ci, des renseignements ont été recueillis sur les causes de la dormance des graines et sur l'utilisation des herbicides pour la lutte contre la folle avoine. Grâce aux études sur l'absorption et le transfert des herbicides chez diverses mauvaises herbes pérennes, les chercheurs ont une meilleure connaissance des facteurs qui déterminent l'efficacité des herbicides et des interactions complexes qui existent entre les herbicides et la physiologie des plantes.

• Au début des années 1950, le millepertuis perforé poussait dans de vastes zones des prairies situées à l'intérieur de la Colombie-Britannique, où il est devenu une mauvaise herbe dominante. Les chrysomèles libérées en 1951 et 1953 ont joué un rôle clé dans la lutte contre le millepertuis perforé : il ne reste plus que des plants épars et de petites touffes de cette mauvaise herbe en Colombie-Britannique, en Ontario, en Nouvelle-Écosse et au Nouveau-Brunswick. On n'utilise presque plus d'herbicides pour lutter contre ce millepertuis sur les terres publiques et privées. En 1976, cette mauvaise herbe a été rayée de la liste des plantes nuisibles.

• Au début des années 1960, un programme à long terme d'études sur les mauvaises herbes a été amorcé. La répartition de 45 mauvaises herbes communes a été cartographiée, et les pourcentages des terres infestées par ces mauvaises herbes ont été publiés dans un rapport exhaustif. En 1975, un nouveau projet a été mis en oeuvre dans le but de rassembler des données récentes sur la répartition et l'abondance des mauvaises herbes. Un nouveau système informatique de surveillance des populations de mauvaises herbes est utilisé dans les champs de céréales et de graines oléagineuses en Saskatchewan. Le système est actuellement employé dans 8 des 10 provinces et constitue la seule source de données quantitatives sur les mauvaises herbes dans les champs cultivés du Canada.

• En 1970, les chardons penchés étaient communs dans les pâturages, où leurs densités atteignaient jusqu'à 150 000 plants par hectare. Ces chardons s'étendaient sur de nombreux kilomètres en bordure des routes et nuisaient au broutement. Des bruches européennes ont d'abord été libérées en Saskatchewan en 1968 à la suite d'essais poussés de sélectivité des hôtes et ont réduit la population de chardons penchés dans une proportion de plus de 10 %. Les pâturages actuels sont, dans une large mesure, exempts de cette mauvaise herbe qui persiste principalement sur les sols perturbés en bordure des routes et des carrières de gravier. Des populations de bruches sont maintenant établies en Saskatchewan, au Manitoba, en Ontario et au Québec, et cet insecte a été libéré en Nouvelle-Zélande et dans certaines régions des États-Unis.

• Les études permanentes sur la surveillance des résidus d'herbicides dans l'atmosphère ont permis d'établir que l'évaporation constitue l'une des principales voies de dispersion des herbicides du type esters 2,4-D, triallate et trifluraline appliqués dans les champs. Des chercheurs ont récemment quantifié les pertes d'herbicides causées par l'évaporation dans des conditions réelles au moyen de la méthode du bilan massique. Ils ont mesuré la quantité totale d'herbicides dispersés dans le sol, les récoltes et l'atmosphère sur de grandes étendues. Au début des années 1970, par suite des études sur les esters 2,4-D, le Ministère a recommandé de réduire progressivement l'utilisation des esters butyliques et de mieux contrôler l'usage d'esters 2,4-D moins volatiles.

• Une méthode qui permet l'application sélective d'herbicides non sélectifs dans le sol afin de lutter contre les mauvaises herbes dans des cultures non résistantes a été mise au point. La technique permet la lutte sélective contre la folle avoine dans les céréales et les petites céréales à l'aide de l'herbicide triallate. Il s'agit d'un progrès majeur dans la technologie de lutte contre les mauvaises herbes qui ouvrira la voie à de nombreux autres traitements efficaces par l'application d'herbicides.

• Un modèle préliminaire d'une communauté composée de diverses espèces de mauvaises herbes qui croissent dans les champs de blé en Saskatchewan a récemment été préparé. Il se fonde sur des dénombrements de mauvaises herbes effectués 3 ou 4 semaines après l'ensemencement des cultures et peut servir à prévoir les baisses de rendement qui risquent de se produire. La densité des cultures et le rendement potentiel constituent des variables du modèle. D'après les résultats de cette étude, la méthode agronomique actuelle qui fait abstraction de la densité des cultures et a recours à des modèles incorporant une mauvaise herbe et un type de culture pour l'évaluation du rendement peut aboutir à des écarts considérables en ce qui concerne la relation apparente entre les mauvaises herbes et les cultures. À l'avenir, les agriculteurs pourront peut-être avoir recours à une formule mathématique prévoyant les densités des mauvaises herbes dans un champ particulier pour déterminer s'il y a lieu d'appliquer des herbicides en comparant les coûts des produits chimiques et des pertes potentielles de rendement.

• Parmi les projets de recherches innovateurs sur les maladies des céréales, mentionnons la détermination de la période de reproduction sexuée de la rouille du blé, l'étude de la génétique de la virulence, l'établissement de la théorie «gène pour gène» (c'est-à-dire que pour chaque gène commandant la virulence chez le parasite, il existe un gène qui commande la résistance chez l'hôte) régissant les interactions hôte-parasite et des analyses classiques de l'évolution du champignon de la carie et des interactions hôte-parasite. Ces recherches et d'autres études permanentes sur les agents pathogènes des céréales et leurs hôtes fournissent les données de base qui permettent la création de variétés résistantes aux maladies.

• Avant les années 1950, les maladies virales des fruits des arbres ont causé la destruction d'un grand nombre de jeunes arbres, la détérioration de la qualité des fruits et une réduction du rendement total des vergers. Les recherches effectuées à cette époque ont démontré que la moitié des virus des fruits des arbres n'était pas d'origine locale mais avait été introduite sur des rhizomes et des bois de greffe infectés. En vue de disposer d'un matériel sain, un verger exempt de virus pour la production de bois de greffe et de graines a été créé. Les pépiniéristes et les producteurs s'occupent actuellement de l'entretien de ce verger, qui fournit le matériel nécessaire pour sauvegarder l'industrie contre les virus. En conséquence, 80 % de tous les arbres fruitiers plantés en Colombie-Britannique sont exempts de maladies virales.

• En raison d'un besoin général de disposer d'une méthode efficace de dosage des virus dans les extraits bruts de plantes, l'immuno-osmophorèse, à savoir une technique combinant la sérologie et l'électrophorèse, a été introduite en virologie en 1964.

yield. Research then showed that more than half the tree fruit viruses were not of local origin but had been introduced with infected rootstocks or budwood. In response to the need for healthy material, a virus-free budwood and seed orchard was developed. This orchard is now managed by the nursery industry and by the growers, and provides the material needed for establishing a virus-free orchard industry. As a result, 80% of all fruit trees being planted in British Columbia are virus-free.

• In response to a general need for an effective method for quantitative virus assay in crude plant extracts, a technique combining serology and electrophoresis, called immuno-osmophoresis, was introduced into virology in 1964. The method is at least 100 times more sensitive than existing assay procedures and, in requiring 1 hour or less for its completion, at least 20 times faster. Its great practical value was recognized, particularly in the field of medicine.

• In the late 1970s research on the transmission of plant viruses by seed and pollen unexpectedly revealed the presence of large numbers of virus particles contaminating the surface of pollen grains. Subsequent work has demonstrated an association between pollen-surface contamination by viruses and pollen transmission of viruses to healthy plants, presumably through the flower. This mode of transmission may be characteristic of ilarviruses, a virus group with a large number of hosts in fruit and vegetable crops.

• Several western tree fruit viruses originate in the native vegetation (chokecherry, pin cherry, perennials, orchard weeds) or in ornamentals (oriental cherries). These viruses are then carried by vectors into commercial orchards, where they induce specific diseases. Research during the past 50 years has established the sources of these viruses and has identified the apple mealybug as the vector of the little cherry disease. On the basis of these findings, control methods have been developed that are based on the eradication of the identified virus-infected sources and the control of the vector.

• With the assistance of the Atlantic Research Laboratory of the National Research Council of Canada a multidisciplinary team assembled to study the production of *Fusarium* toxin in wheat and corn has developed a liquid-culture procedure to produce deoxynivalenol on a large scale. Deoxynivalenol is also being produced in-house by several government laboratories, for toxicological studies and for animal feeding trials.

• An outstanding example of biological control in the integrated management of plant diseases is the use of a lettuce crop between successive greenhouse tomato crops. Lettuce residues suppress the devastating fusarium crown and root rot of tomato by promoting antagonistic microflora and by producing secondary metabolites that control the disease. Thus, the grower has an inexpensive method of disease control without chemical pesticides.

• Storage rots of fruit became an increasing problem in packinghouses as larger volumes were stored and as storage methods changed. Research on the causal organisms showed that most rots originated in field infections, that antagonism between fungi in the field could influence the infection pressure, and that storage conditions greatly influenced the development of the storage rots. Control measures were developed to reduce infection pressure in the field, to eliminate fungal spores adhering to fruit, and to control the course of the diseases under storage conditions.

• Research on metalaxyl, the first systemic fungicide available for control of potato late blight, has led to commercial acceptance of a safe and more effective measure for disease control. Although resistant strains have developed in countries where metalaxyl alone was used commercially, this has not occurred in Canada because a combined metalaxyl–mancozeb product is used.

• To determine crop losses caused by nematodes and subsequent economic losses, nematologists developed an inexpensive microplot system that is used internationally. The method has been applied to such diverse crops as annual vegetables, woody nursery stock, forage crops, and tobacco. Data on the threshold at which serious crop losses occur are valuable for advising farmers when to institute nematode control.

• Studies on the root-lesion nematode have determined the pest's host range, distribution, soil-type preferences, and ability to penetrate roots and cause disease. The studies have provided a means of determining the following: severity of the disease, potential losses of horticultural crops, genetic resistance developed in forage crops, and suitable methods of chemical control.

• The first highly effective chemical control methods for root maggots in vegetables grown in ridged drills with organochlorine insecticides were developed in the early 1950s. When resistance to these cyclodiene-type insecticides developed during the early 1960s, the genetics of monofactorial resistance was established, and effective, less persistent, replacement organophosphorous and carbamate insecticides were tested, registered, and recommended for commercial use. Microorganisms capable of rapidly breaking down certain organophosphorous and carbamate insecticides were discovered during the late 1970s, and alternative effective compounds have since been recommended.

• Gas chromatography methods were developed for the determination of carbofuran and its toxic 3-keto and 3-hydroxy metabolites in soil and plants. Soil microorganisms that are capable of rapidly acquiring the ability to degrade this compound and related pesticides have been isolated.

• Deltamethrin is a new synthetic pyrethroid insecticide that is highly active against several pest species. It has a half-life of 5–7 weeks on soil, is safer for people working with it, and is less environmentally persistent than many of the earlier insecticides.

Cette méthode est au moins 100 fois plus sensible et 20 fois plus rapides (1 heure ou moins) que les techniques de dosage actuelles. Cet outil est d'une grande valeur, particulièrement dans le domaine de la médecine.

• À la fin des années 1970, les recherches sur la transmission des virus des plantes par les graines et le pollen ont, de façon inattendue, révélé la présence d'un grand nombre de particules virales sur la surface des grains de pollen. Les travaux ultérieurs ont mis en évidence des rapports entre la contamination virale de la surface du pollen et la transmission des virus aux plantes saines par le pollen, probablement par l'intermédiaire de la fleur. Ce type de transmission est peut-être caractéristique des ilarvirus, un groupe de virus ayant pour hôtes un grand nombre de fruits et de légumes.

• Plusieurs virus qui s'attaquent aux fruits des arbres dans l'ouest du pays sont transmis par la végétation indigène (cerisier de Virginie, cerisier de Pennsylvanie, plantes pérennes, mauvaises herbes des vergers) ou les arbres d'ornement (cerisiers orientaux). Ces virus sont ensuite véhiculés par des vecteurs dans les vergers commerciaux où ils provoquent des maladies précises. Les recherches menées au cours des 50 dernières années ont permis de déceler l'origine de ces virus et de déterminer que la cochenille du pommier était le vecteur du virus de la petite cerise. Grâce à ces découvertes, les chercheurs ont mis au point des méthodes de lutte qui consistent à éliminer les sources d'infection virale identifiées et à contenir les vecteurs.

• Avec le concours du Laboratoire de recherches de l'Atlantique qui fait partie du Conseil national de recherches du Canada, une équipe pluridisciplinaire chargée d'étudier la production des toxines *Fusarium* dans le blé et le maïs a mis au point une méthode de culture en milieu liquide pour la production à grande échelle de désoxynivalénol. Cette substance est aussi fabriquée par plusieurs laboratoires du gouvernement pour mener des études toxicologiques et des essais sur l'alimentation des animaux.

• Un exemple remarquable des possibilités de lutte biologique à l'intérieur des systèmes de lutte intégrée contre les maladies des plantes est l'ensemencement de la laitue entre les cultures successives des tomates en serre. Les résidus des laitues éliminent la pourriture fusarienne et la pourriture des racines qui font d'importants dommages chez les tomates en favorisant la production de microflore antagoniste et de métabolites secondaires qui luttent contre la maladie. Les producteurs disposent donc d'une méthode de lutte peu coûteuse où n'intervient aucun pesticide chimique.

• La pourriture d'entrepôt des fruits est devenue un problème de plus en plus grave dans les établissements de conditionnement au fur et à mesure que les volumes de stockage ont augmenté et que les techniques d'entreposage ont évolué. Les recherches sur les organismes qui causent cette maladie ont démontré que la majorité des pourritures apparaissait dans les champs mêmes, que les réactions antagonistes des champignons dans les champs pouvaient influer sur l'intensité de l'infection et que les conditions de stockage favorisaient grandement la pourriture d'entrepôt. Des mesures de lutte ont été mises au point afin de réduire l'intensité de l'infection dans les champs, de détruire les spores des champignons qui adhèrent aux fruits et de restreindre l'évolution des maladies dans les entrepôts.

• Les recherches sur le métalaxyl, à savoir le premier fongicide systémique contre le mildiou, ont abouti à la commercialisation d'un produit sûr et plus efficace pour la lutte contre les maladies. Bien que des lignées résistantes soient apparues dans les pays où seul le métalaxyl était utilisé dans les exploitations commerciales, cette situation ne s'est pas produite au Canada où les agriculteurs emploient un produit composé de métalaxyl et de mancozèbe.

• En vue d'évaluer la destruction des cultures et, par conséquent, les pertes pécuniaires entraînées par les infestations de nématodes, les nématologistes ont mis au point un système de micro-parcelles peu coûteux qui est employé partout dans le monde. Cette méthode est utilisée pour des cultures aussi diverses que les légumes annuels, le matériel de reproduction en pépinière, les plantes fourragères et le tabac. Les données sur les intensités d'infestation (seuil) qui provoquent d'importants dommages dans les champs sont d'une grande valeur : elles permettent de conseiller les agriculteurs sur le moment où il convient d'amorcer la lutte contre les nématodes.

• Au cours des études sur le nématode radicicole, les chercheurs ont déterminé les plantes-hôtes de ce parasite, sa répartition, ses préférences quant au type de sol et sa capacité de pénétrer dans les racines et de causer leur détérioration. Ils ont aussi été en mesure d'évaluer la gravité de la maladie causée par ce nématode, les pertes potentielles des horticulteurs, la résistance génétique des plantes fourragères et les méthodes appropriées de lutte chimique.

• Les premières méthodes chimiques qui ont permis de lutter efficacement contre les asticots rhizophages dans les légumes semés sur billons au moyen d'insecticides organochlorés ont été mis au point au début des années 1950. Au début des années 1960, moment où les cultures sont devenues résistantes à ces insecticides de type cyclodiène, la génétique de la résistance monofactorielle a été établie et des insecticides de remplacement à base d'organophosphore et de carbamate ont été mis à l'épreuve, homologués et recommandés à des fins d'utilisation commerciale. À la fin des années 1970, les chercheurs ont découvert des microorganismes ayant la capacité de dégrader rapidement certains insecticides à base d'organophosphore et de carbamate et, depuis cette époque, d'autres composés efficaces ont été recommandés.

• Des méthodes de chromatographie gazeuse ont été mises au point pour la détermination du carbofuran et de ses métabolites toxiques 3-keto et 3-hydroxy dans le sol et les plantes. Des microorganismes du sol qui acquièrent rapidement la capacité de dégrader ce composé et les pesticides de composition analogue ont été isolés.

• La deltaméthrine est un nouvel insecticide pyréthroïde synthétique qui est extrêmement efficace dans la lutte contre plusieurs espèces d'insectes nuisibles. Ce produit a une demie-vie de 5 à 7 semaines sur le sol, pose moins de risques de santé pour les personnes qui l'emploient et persiste moins longtemps dans l'environnement que de nombreux autres insecticides employés antérieurement.

ANIMAL PRODUCTIVITY RESEARCH

During the past 100 years the animal industry in Canada has grown from self-sufficiency at the farm level to its current status as a major contributor to the gross national product. Early in its history, the Central Experimental Farm played an important role in the development of major breeds of livestock, and by 1910 scientists had demonstrated the advantages of maintaining only those breeds that proved most adaptable to regional conditions. Through the years, research has been directed toward the selection and improvement of livestock and is now concentrated on the production of animals with superior growth rates, excellent carcass quality, improved forage conversion rates, and better cold tolerance and adaptation to the harsh Canadian climate.

Current research on dairy cattle is directed toward improving the genetic potential, increasing production efficiency through better feeding practices, and improving the processing of dairy products. The swine research program is aimed at achieving higher carcass quality, faster growth rate, and greater knowledge of the nutritional value of various feedstuffs. Better production systems require the improvement of reproductive performance under intensive management conditions, through increased knowledge of reproductive physiology.

The evolution of the poultry industry has been spectacular, exemplified by the development of methods for improving egg production and management techniques that reduce labor, energy, and feed requirements. Increased production efficiency is currently being achieved through systems devised for measuring and evaluating the nutrient requirements for poultry, and by increased understanding of poultry diseases.

Early research on sheep was directed to the development of animals with good ranging ability that combined high quality of both meat and wool. Current work includes the development of techniques for intensive sheep-raising and year-round lamb production. Another important aspect of animal research is the improvement of wintering ability of bees and the development of monitoring systems for detecting potential outbreaks of parasites or disease.

Beef

- European breeds of cattle were evaluated as crossbreeds of English breeds under an extensive range environment and under semi-intensive farm conditions to identify the effect of environment on breed performance. Results from a 9-year study showed that Limousin-sired calves had fewer calving difficulties than those sired by Chianina, Charolais, or Simmental bulls. Postnatal mortality was lower and preweaning growth of calves greater under semi-intensive farm conditions than under extensive range conditions. For lifetime productivity, Simmental-cross cows tended to produce more kilograms of beef to weaning under semi-intensive farm conditions. In a more rigorous environment, Charolais crosses tended to be the most productive.

- Research was initiated in the 1950s to develop a technology for finishing beef cattle on rations based on ground hay containing little or no grain. This provided feedlot operators with an alternative to grain when formulating rations, as well as an additional market for producers growing forage crops in rotation to counter land deterioration. By 1985 it took only 3–5 weeks longer to raise hay-fed cattle than grain-fed cattle. Components of the feeding system include good-quality hay that grows through a screen 1.27 mm in diameter; 3% acidulated fatty acids (a by-product of canola oil); supplementation with the antibiotic chlortetracycline; use of a growth-promoting implant; and use of a self-feeding mechanism. Forage-fed beef has been found to compare very favorably with grain-fed beef.

- In the early 1960s, an in vitro rumen fermentation technique for evaluating the digestibility of forages was perfected. The technique was suitable for evaluating small volumes and was adopted as a means of including digestibility as a selection criterion in the development of improved forage varieties.

- During the late 1960s and early 1970s, a patented process was developed for producing digestible ruminant feed by high-pressure steam treatment of hardwoods and low-quality roughage. The process was subsequently developed commercially by a Canadian company and has played an important role in helping developing countries to produce, from readily available natural resources, high-quality feed for ruminants.

- Research carried out over a 15-year period has described the sequence of events that occurs in the formation of urinary calculi in cattle feeding on native range grass. This work has provided the basis for a practical control method that relies on supplying a feed

A Charolais bull, one of the breeds evaluated for crossbreeding.

Taureau Charolais, l'une des races évaluées aux fins de croisement.

RECHERCHE SUR LA PRODUCTION ANIMALE

Au cours du dernier siècle, l'industrie de l'élevage a beaucoup évolué : les exploitations qui, au départ, assuraient l'autonomie des propriétaires, fournissent actuellement une large part du produit national brut. Dès ses premières années d'existence, la Ferme expérimentale centrale a joué un rôle important dans la création des principales races de bétail et déjà, en 1910, les chercheurs ont démontré qu'il valait mieux ne conserver que les races les mieux adaptées aux conditions régionales. Au fil des ans, les études se sont orientées vers la sélection et l'amélioration du bétail et sont axées à l'heure actuelle sur l'optimisation de la vitesse de croissance, de la qualité des carcasses, des taux d'assimilation du fourrage et de la résistance au froid et sur l'adaptation aux hivers rigoureux canadiens.

Dans le domaine de l'élevage des bovins laitiers, les recherches portent actuellement sur l'amélioration génétique, l'augmentation du rendement au moyen de meilleures techniques d'affouragement et le perfectionnement de la transformation des produits laitiers. Les recherches sur les porcs visent à améliorer la qualité des carcasses et la vitesse de croissance et à approfondir les connaissances sur la valeur nutritive des divers aliments pour le bétail. Il faut étudier plus à fond la physiologie de la reproduction en vue de perfectionner les systèmes de production par l'amélioration des aptitudes à la reproduction en conditions d'élevage intensif.

L'évolution de l'industrie de la volaille est jalonnée de succès; à ce titre, il faut citer la mise au point de méthodes qui ont permis d'accroître les taux de ponte · de techniques de gestion qui permettent une plus grande économie de main-d'oeuvre, d'énergie et d'aliments. L'efficacité de la production s'est accrue grâce aux nouveaux systèmes de mesure et d'évaluation des besoins nutritifs de la volaille et à une meilleure connaissance des maladies qu'elle contracte.

Au cours des premières études sur les moutons, on a tenté de mettre au point des sujets profitant bien sur les grands pâturages et dont la viande et la laine étaient de bonne qualité. Les recherches en cours sont axées notamment sur l'élaboration de techniques d'élevage intensif et sur la production d'agneaux à longueur d'année. En matière de zootechnie, la Direction s'occupe également d'améliorer l'aptitude des abeilles à l'hivernage et de créer des systèmes de surveillance qui permettent de déceler les risques d'infestation ou de dévastation par les maladies.

Bovins de boucherie

• On a évalué des races européennes de bétail croisées avec des races britanniques dans des conditions de pâturage extensif et d'élevage semi-intensif afin de déterminer les effets de l'environnement sur leur rendement. Une étude échelonnée sur 9 ans a montré que les veaux issus de mâles Limousin avaient moins de problèmes à la naissance que les veaux issus de taureaux Chianina, Charolais ou Simmental. De surcroît, la mortalité post-natale était inférieure et le taux de croissance avant le sevrage en élevage semi-intensif était supérieur à celui en élevage extensif. En terme de productivité totale, les femelles provenant du croisement avec la race Simmental tendaient à produire entre la naissance et le sevrage plus de kilogrammes de boeuf dans des conditions semi-intensives. Dans les régions où le climat est plus rigoureux, les sujets issus du croisement avec des Charolais tendaient à avoir un rendement optimal.

• Des études ont été amorcées au cours des années 1950 afin de mettre au point des techniques d'engraissement des bovins au moyen de foin moulu contenant peu de céréales, s'il en est. Les exploitants de parcs d'engraissement ont ainsi disposé d'un substitut des céréales pour la préparation des rations, et les agriculteurs cultivant le fourrage en rotation pour lutter contre la détérioration des terres ont disposé d'une culture additionnelle. En 1985, il n'a fallu que de 3 à 5 semaines supplémentaires pour engraisser les bovins nourris au foin par rapport à ceux nourris aux céréales. Les rations ont été composées de foin de qualité qui passait à travers un tamis de mailles de 1,27 mm, de 3 % d'acides gras acidulés (sous-produits de la fabrication de l'huile de canola), d'un complément de chlortétracycline (antibiotique) et d'implants qui favorisent la croissance et sont distribuées par un appareil d'affouragement automatique. La qualité des boeufs engraissés au foin est tout à fait comparable à celle des sujets nourris aux céréales.

• Au début des années 1960, une technique de fermentation *in vitro* (recréant les conditions du rumen) a été mise au point en vue d'évaluer la digestibilité du fourrage. Cette technique permettait d'évaluer la digestibilité de petits volumes de fourrage et a permis aux sélectionneurs de se servir de la digestibilité comme critère pour la mise au point de variétés améliorées de fourrage.

• À la fin des années 1960 et au début des années 1970, un procédé breveté a été mis au point pour la fabrication d'aliments digestibles destinés aux ruminants. Les aliments sont constitués de feuillus traités à la vapeur à haute pression et de fourrage grossier. Ce procédé a ensuite été commercialisé par une société canadienne et a permis aux pays en voie de développement de produire des aliments de choix pour le bétail à partir des ressources naturelles dont ils disposaient.

• Une étude effectuée sur une période de 15 ans a permis de décrire les stades de la formation de calculs urinaires chez le bétail mis en pâturage sur des prairies indigènes. Les résultats de cette étude ont conduit à l'élaboration d'une méthode pratique pour prévenir les calculs qui consiste à ajouter au fourrage un complément à forte teneur en sel de façon à ce que les bêtes boivent plus d'eau. Cette technique sera utile aux éleveurs dans le nord des Grandes Plaines, où les calculs urinaires chez les bovins sont fréquents.

• Des études effectuées entre 1960 et 1980 ont permis de mieux comprendre le métabolisme du sélénium dans le rumen, sa

supplement containing a high level of salt, which increases water consumption. These findings will be useful to cattle ranchers in the northern Great Plains, where urinary calculi cause problems.

• Research conducted from 1960 to 1980 has contributed to world knowledge of selenium metabolism in the rumen, its urinary clearance and biosynthetic relationships, and the identification of selenium compounds in plant and animal tissue. Research on residual selenium in animal tissue has led to the safe use of this element as a trace-mineral additive in animal feeds, improving production in areas where selenium deficiency occurs.

• Results of an 8-year cooperative study with the British Columbia provincial government indicate that the potential for competition between deer and cattle for range resources is greatest in late winter and early spring, when deer, especially pregnant does, depend on new growth for food. Delaying the turnout of cattle on ranges where deer feed for 3 weeks during early spring was recommended. Acceptance of this recommendation averted a potential conflict between ranchers and those responsible for wildlife management.

• The development of new technology has resulted in the production of calves that are heavier than normal. This is accomplished by feeding them grain rather than milk replacer. The flavor and tenderness of the grain-fed veal is comparable to that of milk-fed veal. The technique has led to the development of a new industry based on the male dairy calf.

• Research conducted in the 1980s showed that well-preserved grass ensiled with formic acid, and without packing in horizontal silos, allowed beef cattle to reach gains of up to 1 kilogram of body weight per day and resulted in the production of grade A1 carcasses. This production system is widely used in the northern regions of central Canada.

• A population of bacteria found adhering to the epithelium of the reticulo-rumen were shown to digest urea, remove oxygen from the rumen fluid so as to preserve anaerobic conditions, and digest cells sloughed from the epithelial surface. As a result of this finding, it was suggested that reticulo-ruminal bacteria can be divided into three distinct populations: those adhering to the reticulo-rumen epithelium, those associated with feed particles, and the unattached free-living bacteria. This concept of three bacterial populations helps to explain some aspects of the functioning of the reticulo-rumen.

• Miserotoxin, the toxic component of timber milkvetch, can be degraded (detoxified) to a limited degree by bacteria in the rumen. Research has demonstrated that the extent of degradation that occurs is enhanced when ruminant diets are supplemented with miserotoxin analogues—a technique that may provide a practical solution to the serious problems caused by this toxin. It is estimated that from 2 to 5% of rangeland cattle are either chronically or fatally affected by timber milkvetch poisoning.

Dairy

• Early tests on the productivity of dairy cattle were carried out to assist farmers in achieving high-quality breeding stock. The research contributed to vast improvements in the performance of the Ayrshire breed. In 1925 the Briery Lass cow won the world championship for production by the breed, with an annual record of 9995 kilograms of milk and 444 kilograms of butterfat (4.4%).

A Limousin bull. Limousin-sired calves had fewer calving difficulties than other European breeds when crossbred.

Taureau Limousin. Les génisses de père Limousin ont eu moins de difficultés au vêlage que celles des autres races européennes.

• In the late 1930s and early 1940s artificial insemination methods for dairy cattle were introduced. Methods developed in the U.K. and the USSR were refined, permitting progeny testing. This work laid the foundation for the advanced artificial insemination technology used by Canadian dairy farmers today.

• The proliferation of nuclear testing during the postwar period led to contamination of the food chain in many parts of the world. Atmospheric tests resulted in the deposition of such radioisotopes as strontium-89, strontium-90, cesium-137, and iodine-131, among others. In particular, strontium-90 and iodine-131 were found in milk. Research Branch scientists developed and patented a process for the removal of these radioactive contaminants from milk, without affecting milk composition.

• During the 1950s and 1960s the cause of bovine ketosis, a physiological disorder that can account for substantial losses in dairy herds, was investigated. Scientists established the pathway of ketone body synthesis in the liver. The secretion of acetylcarnitine in the milk of ketotic cows was reported for the first time, and an enzyme that hydrolyzes long chain fatty acetylcarnitine esters was identified. The distribution of carnitine in bovine tissues was also reported. These fundamental studies were the basis for a successful test used to diagnose ketosis and a subsequent recommendation of the use of 0.6% propylene glycol in the ration of dairy cattle to prevent ketosis during early lactation.

• The national cooperative dairy cattle breeding project was initiated in 1971. Norwegian Red proven sires were shown to be superior to Canadian, American, and Finnish Ayrshire proven sires in growth and in milk yield of daughters. Crossbreeding between the Holstein-based line and the Ayrshire-based line resulted in a live-calf birth rate and a heifer survival rate that were superior to both parent lines. Lactation performance of crossbreeds, particularly fat yield and protein yield in third and later lactations, approached that of the Holstein-based line.

• During the 1970s a simple and reliable test was developed to diagnose pregnancy in cows, ewes, and sows, based on progesterone concentration in peripheral blood. This was the forerun-

clairance et ses rapports biosynthétiques, et d'identifier les composés de sélénium dans les tissus végétaux et animaux. Les recherches sur le sélénium résiduaire dans les tissus animaux ont conduit à l'utilisation de cet oligo-élément en tant qu'additif dans les aliments pour les animaux, améliorant la production dans les régions où le fourrage est caractérisé par des carences en sélénium.

• Une étude échelonnée sur 8 ans, qui a été entreprise conjointement avec le gouvernement de la Colombie-Britannique, a révélé que la compétition entre les cerfs et le bétail sur les pâturages s'accroît à la fin de l'hiver et au début du printemps lorsque les cerfs, notamment les biches portantes, dépendent des nouvelles pousses pour s'alimenter. Il est préférable au début du printemps de retarder de 3 semaines la mise à l'herbage du bétail sur les pâturages où s'alimentent les cerfs. En procédant de la sorte les éleveurs et les responsables de la gestion de la faune ont pu éviter des conflits.

• Une nouvelle technique qui permet la production de veaux plus lourds a été mise au point. La technique consiste à nourrir les sujets de céréales plutôt que d'aliments d'allaitement. La viande du veau de grain est aussi tendre et savoureuse que celle du veau de lait. Grâce à cette technique, une nouvelle industrie de veaux laitiers mâles a été créée.

• Des études effectuées au cours des années 1980 ont révélé que les bovins nourris aux graminées bien conservées, mêlées à de l'acide formique avant d'être ensilées sans être tassées dans des silos-couloirs prenaient parfois 1 kg par jour et produisaient des carcasses de qualité A 1. Ce système de production est aujourd'hui largement utilisé dans le centre nord canadien.

• On a démontré qu'une population de bactéries qui colonisaient l'épithélium du réticulum et du rumen digérait l'urée et les cellules détachées de la surface de l'épithélium et désoxygénait le jus de rumen de manière à maintenir des conditions anaérobies. On a donc classé les bactéries du réticulum et du rumen en trois populations distinctes : les bactéries qui adhèrent à l'épithélium du réticulum et du rumen, celles qui s'attaquent aux particules alimentaires et celles qui ne sont pas fixées. Cette théorie permet d'expliquer certains aspects du fonctionnement du réticulum et du rumen.

• Les bactéries du rumen peuvent décomposer (détoxiquer), dans une certaine mesure, la composante toxique de l'astragale prostré, la misérotoxine. Les recherches ont mis en évidence que le pouvoir de détoxication des bactéries s'accroît lorsque des analogues de misérotoxine sont ajoutés au fourrage des ruminants. Cette technique permettra peut-être de résoudre les graves problèmes que pose cette toxine. D'après certaines estimations, l'empoisonnement à l'astragale prostré est chronique ou mortel pour environ de 2 à 5 % du bétail mis en pâturage.

Bovins laitiers

• Dès ses débuts, la Direction générale de la recherche s'est penchée sur l'étude de la productivité des bovins laitiers afin d'aider les éleveurs à produire des animaux de reproduction de choix. Ces études ont grandement contribué à améliorer le rendement de la race Ayrshire. En 1925, la vache Briery Lass s'est méritée le premier prix au championnat mondial pour sa production par race, avec une production annuelle de 9 995 kg de lait et de 444 kg (4,4 %) de matière grasse.

• À la fin des années 1930 et au début des années 1940, des techniques d'insémination artificielle des bovins laitiers ont été mises au point et les techniques britanniques et soviétiques ont été améliorées de façon à permettre l'épreuve de la progéniture. Les travaux ont servi de base à l'élaboration des techniques de pointe d'insémination artificielle utilisées à l'heure actuelle au Canada.

• La prolifération des essais nucléaires durant l'après-guerre a entraîné la contamination de la chaîne alimentaire dans de nombreuses régions du monde. Les essais dans l'atmosphère ont provoqué des retombées de radio-isotopes, notamment strontium-89, strontium-90, césium-137 et iode-131. On a décelé du strontium-90 et de l'iode-131 dans le lait. Les chercheurs ont mis au point et fait breveter un procédé qui permet d'éliminer ces contaminants radioactifs dans le lait sans que la composition de celui-ci ne soit modifiée.

• Durant les années 1950 et 1960, dans le cadre d'études sur les causes de l'acétonémie chez les bovins, un trouble physiologique qui entraîne de lourdes pertes dans les troupeaux laitiers, des chercheurs ont déterminé la voie de synthèse de l'acétone dans le foie. Pour la première fois, on a constaté des sécrétions d'acétylcarnitine dans le lait des vaches atteintes d'acétonémie et on a identifié une enzyme qui hydrolyse les esters d'acides gras à chaînes longues de l'acétylcarnitine. La distribution de la carnitine dans les tissus des bovins a également été décrite. Ces études fondamentales ont servi de base à l'élaboration d'un test utilisé pour le diagnostic de l'acétonémie et on a recommandé d'utiliser un complément de 0,6 % de propylène glycol dans les rations des bovins laitiers afin de prévenir l'acétonémie au début de la période de lactation.

• Dans le cadre du projet coopératif national de sélection des bovins laitiers, amorcé en 1971, on a démontré que les descendants de géniteurs de race Norwegian Red croissaient plus rapidement que ceux provenant de race Ayrshire canadienne, américaine et finlandaise et que les vaches qui en étaient issues produisaient plus de lait. Le croisement des lignées Holstein et des lignées Ayrshire a produit des veaux et des génisses dont le taux de survie était supérieur à celui des deux lignées parentales. La production laitière des hybrides, particulièrement le rendement en matières grasses et en protéines au cours de la troisième lactation et les suivantes, était comparable à celui de la lignée Holstein.

• Durant les années 1970, un test simple et fiable de diagnostic biologique de la gravidité, qui est fonction de la teneur en progestérone du sang périphérique, a été mis au point pour les vaches, les brebis et les truies. C'est de là que nous provient le test lait-progestérone utilisé aujourd'hui dans les exploitations commerciales pour évaluer la capacité de reproduction des vaches et diagnostiquer la gravidité dans les troupeaux laitiers canadiens.

• Six programmes d'affouragement des vaches laitières ont été comparés sur une période de 3 ans, au cours desquels la ration et la production laitière quotidiennes ont été mesurées. On a alors constaté que la mise en pâturage était un excellent moyen d'alimenter les troupeaux et que les vaches qui restaient en étable toute l'année produisaient plus de lait lorsque leur régime alimentaire était composé de luzerne et de mil ensilés.

• La majeure partie des protéines des aliments du bétail est transformée en acides aminés puis en ammoniac par les micro-organismes du rumen. Les acides aminés n'atteignent donc pas le petit intestin où ils seraient absorbés et favoriseraient la synthèse des protéines du lait. Comme l'ammoniac est perdu par les voies urinaires, l'animal ne peut s'en servir pour fabriquer les acides aminés nécessaires au maintien d'une forte production de lait. Durant les années 1970 et 1980, les chercheurs ont démontré que les

ner of the milk–progesterone test now used commercially to monitor reproductive status and diagnose pregnancy in Canadian dairy herds.

• Six feeding programs for dairy cows were compared over a 3-year period. Daily feed intake and daily milk production were measured. Pasture was found to be an excellent feed source. Cows confined year round recorded the best milk production when fed mixed ration consisting of alfalfa and timothy silage.

• Most of the dietary protein fed to dairy cattle is degraded to amino acids and ultimately to ammonia by rumen microorganisms. The amino acids present in the dietary protein therefore do not reach the small intestine for absorption and use by the cow for milk protein synthesis. Ammonia is wasted by excretion through the urinary tract and cannot be used by the animal to make the amino acids that are necessary for maintaining high milk production. During the 1970s and 1980s researchers found that the number of disulfide linkages in proteins that cross-link protein chains were important in preventing ruminal degradation of proteins. In addition, the use of enzymes isolated from rumen microbes was found to be the only reliable way of determining and predicting rumen degradability of dietary proteins. These findings can help dairy farmers to match protein needs of dairy cows to production levels more accurately.

• Urea is a source of nonprotein nitrogen (NPN) and an important component of dairy cow rations as a protein source and because of its low cost. Research Branch scientists have contributed to the development of dairy rations that effectively utilize NPN. Subsequent studies have shown that rumen microbes have unique enzymes that allow them to incorporate urea or ammonia into bacterial proteins. Urea best supports microbial growth when it is added to whole corn plants at ensiling. This allows for a reduction of expensive oilseed protein in dairy cow rations.

A technique has been developed for producing heavy veal calves fed on grain alone.

Une technique a été mise au point pour produire des veaux de boucherie lourds, nourris exclusivement au grain.

Swine

• A major experiment in crossbreeding was carried out in collaboration with several universities to evaluate the productive and reproductive performance of various combinations of two-breed crosses of swine, and the quality at slaughter of various three- and four-breed crosses obtained by crossing two-breed females with various terminal sire breeds and crosses. The breeds of swine used for crossing were Yorkshire, Landrace, Lacombe, Duroc, Hampshire, Berkshire, Large Black, and Tamworth. The results provided data for evaluating the merit of the various breeds in crossing, and in general indicated that crosses with colored breeds of swine were generally inferior to other crosses. The findings were widely applied by the swine industry and were the basis for recommendations on the use of crosses in the production of pork.

• The first Canadian lines of bacon hogs were developed with the importation from Europe of two Yorkshire boars, Hittingham Bindle and Malm of Snalap. Researchers developed the White and Alert lines of bacon hogs. The number of animals was increased, and in 1936, 225 high-quality animals were distributed across Canada. Up to that time, Canada produced only fat hogs.

• Over a 10-year period during the 1940s digestibility trials were conducted with swine to establish the nutritive value of Canadian grains and concentrates. These studies provided fundamental information for the modern diets used by the Canadian swine industry.

• The establishment in 1977 of the specific pathogen-free herd of Yorkshire swine was accomplished by performing hysterectomies on pregnant sows within a day or two of parturition. Successful rearing of the newborn pigs without colostrum is much more difficult without the provision of a gamma-globulin preparation, derived from abattoir pig blood. Added to milk replacer the gamma-globulin preparation, which was developed by Research Branch scientists in collaboration with the University of Saskatchewan, greatly improves survival and may be fed to any newborn piglet deprived of natural colostrum.

• Vitamin B_{12} is essential to swine, but the determination of actual dietary requirements is complicated by body reserves of the vitamin; environmental sources of B_{12} in molds, soil, and animal excreta; and bacterial synthesis in the gut. A major contribution to understanding the interaction between vitamin B_{12} and reproduction was made by Research Branch scientists over a period of about 8 years in the 1960s. The relationship between small litters and low serum levels of vitamin B_{12} in sows indicated a higher dietary requirement than previously recommended.

• Agriculture Canada and the Canadian pork industry have adopted an electronic system for grading hog carcasses that was developed as a result of cooperative work between the department and the University of Guelph. Further cooperative work, started in the late 1970s, culminated in the adoption by Agriculture Canada and the pork industry, in 1982, of a back-fat measurement for quality in hog carcasses. This results in a more economical carcass evaluation by the swine-processing industry.

• In 1983–1984 a strain of pigs carrying the genetic factor for sensitivity to halothane anesthetic was developed specifically for research on porcine stress and meat quality. The strain demonstrates a high incidence (80%) of pale, soft, watery carcasses. These animals are being used as models to determine the biochemical changes in muscle that cause poor quality in meat.

Hampshire swine were used in crossbreeding experiments to improve performance.

Les porcs Hampshire ont servi à des expériences de croisement visant à améliorer la performance des sujets.

nombreuses liaisons bisulfure reliant les chaînes protéiques entre elles empêchaient, dans une grande mesure, la décomposition des protéines dans le rumen. En outre, ils ont découvert que l'utilisation d'enzymes isolées parmi les microbes du rumen était la seule technique fiable de détermination et de prévision de la dégradabilité des protéines alimentaires dans le rumen. Les éleveurs peuvent s'inspirer de ces découvertes pour déterminer avec plus de précision les besoins en protéines des vaches laitières en fonction d'un rendement donné.

• L'urée est une source d'azote non protéique et un élément important des rations des vaches laitières comme source de protéines et à cause de son coût économique. Les chercheurs de la Direction générale de la recherche ont contribué à fabriquer des rations dans lesquelles l'azote non protéique est utilisé efficacement. Les études ultérieures ont démontré que les microbes du rumen possédaient des enzymes uniques en leur genre qui transforment l'urée ou l'ammoniac en protéines bactériennes. L'urée est plus favorable à la croissance microbienne si elle est ajoutée à l'ensilage de maïs au moment de la mise en silo laquelle permet de réduire dans la ration de vaches laitières le dosage de protéines d'oléagineux qui sont fort coûteuses.

Porcs

• La Direction générale de la recherche a mis en oeuvre un important programme expérimental de croisement en collaboration avec plusieurs universités en vue d'évaluer le rendement et les capacités de reproduction de porcs issus de divers croisements de deux races et la qualité à l'abattage de sujets issus de divers croisements de trois et de quatre races, soit de croisements de femelles hybrides (deux races) avec divers hybrides et races de verrats terminaux. Les races de porc suivantes ont été utilisées pour les croisements : Yorkshire, Landrace, Lacombe, Duroc, Hampshire, Berkshire, Large Black et Tamworth. Les résultats ont servi à évaluer le potentiel de croisement de diverses races et ont démontré que les sujets issus du croisement de races de porc de couleur étaient généralement de qualité moindre que les sujets issus des autres croisements. Ces résultats ont profité à l'industrie de l'élevage des porcs et ont constitué la base des recommandations concernant l'utilisation des sujets croisés dans la production de porcs d'abattage.

• Les premières lignées canadiennes de porc à bacon ont été créées à partir de deux verrats Yorkshire importés d'Europe, à savoir l'Hittingham Bindle et le Malm of Snalap. Les lignées White et Alert sont issues de ces croisements. Les chercheurs ont poursuivi ces croisements et, en 1936, le Canada comptait 225 porcs de choix. Jusqu'à cette époque, le Canada ne produisait que des porcs d'engrais.

• À compter des années 1940 et durant 10 ans, des tests de digestibilité ont été menés sur des porcs afin de déterminer la valeur nutritive des céréales et des concentrés canadiens. Les résultats de ces tests ont servi à l'établissement de régimes alimentaires des porcs utilisés aujourd'hui.

• En 1977, un troupeau de porcs Yorkshire exempt de pathogènes précis a été constitué en effectuant des hystérectomies sur des truies un ou deux jours avant leur parturition. Il est plus facile d'élever des porcelets nouveau-nés sans apport de colostrum au moyen d'une préparation de gamma-globuline fabriquée à partir du sang de porc et ajoutée aux aliments d'allaitement. Cette préparation, mise au point conjointement par des chercheurs de la Direction et de l'Université de Saskatchewan peut être administrée à tout porcelet nouveau-né et accroît grandement le taux de survie.

• Bien que l'on sache que la vitamine B_{12} est essentielle au porc, il est difficile de déterminer les doses alimentaires appropriées à cause des réserves naturelles de vitamines du corps, de la présence de vitamines B_{12} dans les moisissures, le sol et les excréments des animaux et de la synthèse bactérienne dans l'intestin. Sur une période de 8 ans dans les années 1960, des chercheurs de la Direction générale de la recherche ont grandement contribué à la compréhension des interactions entre la vitamine B_{12} et la reproduction. En effet, le lien découvert entre les petites portées et les niveaux sériques faibles de B_{12} chez les truies a indiqué que les doses alimentaires recommandées étaient insuffisantes.

• Agriculture Canada et l'industrie porcine canadienne ont adopté un système électronique de classement des carcasses de porc, mis au point dans le cadre d'un projet entrepris conjointement par le Ministère et l'Université de Guelph. Par le biais d'autres études conjointes amorcées à la fin des années 1970, Agriculture Canada et l'industrie porcine ont adopté, en 1982, une méthode de mesure de l'épaisseur du lard dorsal. Ainsi l'industrie de transformation du porc dispose d'une méthode d'évaluation des carcasses moins coûteuse.

• En 1983–1984, une lignée de porcs portant le gène de sensibilité à l'halothane (anesthésique) a été créée dans le but précis d'étudier le stress et la qualité de la viande chez le porc. Une forte proportion des sujets de cette lignée (80 %) ont une carcasse pâle, molle et aqueuse. Ces animaux servent de modèles afin de déterminer les modifications biochimiques des muscles qui détériorent la qualité de la viande.

Poultry

- In the 1930s and 1940s, basic work in embryology led to a procedure for assessing the fertility of unincubated eggs. Research on chickens and turkeys in subsequent years led to the development of artificial insemination procedures for practical poultry breeding.

- The usefulness of radioisotopes as tracers for studies in biochemistry and physiology was recognized in the late 1940s. Contributions were made to the refinement of the chick tibia assay for vitamin D. Radioisotopes (calcium-45) were used to study the function of vitamin D in bone and mineral metabolism.

- Long-term, multitrait selection programs for both egg- and meat-type chickens have been under evaluation since the 1950s. Increases of 40% or more in egg production, with simultaneous improvement of egg quality and flock viability, have been demonstrated in laying chickens. The growth rate of meat-type chickens has been increased by 40% and, more recently, simultaneous reduction of fatness has been shown.

- Research Branch scientists have collaborated with researchers in private industry in the development of highly efficient broiler production systems. These new systems have advanced efficiency of production from the 84-day growth period required to produce a 2-kilogram bird in 1950 to a 42-day growth period in 1985.

- Research since 1962 has increased our knowledge of the biological factors that influence eggshell quality. Rapid, accurate, and precise measurement of shell quality has been developed. The interrelationship between the metabolism of vitamin D_3, estrogen, and shell quality has been evaluated and the information has been applied to reduce eggshell breakage. Scientists have shown that physiological mechanisms in the hen, such as acid–base balance and calcium homeostasis, allow only small improvements in shell quality when changes are made to nutritionally adequate diets. This finding challenges the traditional belief that shell quality is a nutritional problem that can be easily altered by changes in the diet.

- The benefits, to both egg- and meat-type chickens, of crossing strains or breeds have been demonstrated during the past two decades. Crossing has resulted in increased vigor and has proved to be a means of achieving rapid genetic improvement. It is particularly beneficial for traits with low heritability, such as egg production. Differences between reciprocal crosses are often good indicators that some lines are best used as sires and others as dams. The improvement that results from crossing is temporary and may be small, depending on the trait, in relation to the cumulative gains achieved by long-term genetic selection. Both selection and crossing provide substantial benefits. Canadian and world poultry breeders now use these two methods to increase the genetic improvement of their stocks.

- Extensive studies between 1962 and 1968 on factors that affect avian embryo viability during the preincubation and incubation periods have provided more flexible systems for producing high-quality, more vigorous day-old chicks and have enabled primary breeders to accelerate genetic gains through substantially increased family size.

- Since the 1960s research has shown that a combination of genetic and vaccination-induced resistance provides optimum protection against Marek's disease, a viral, lymphoproliferative disease of chickens. Simultaneous selection for resistance and production traits was proved feasible and desirable. Resistance to Marek's disease was shown to be associated with a major histocompatibility gene.

- Lymphoid leukosis is a viral disease of chickens that causes only low mortality. Research since 1971 has demonstrated that birds infected with the virus have significantly reduced productivity and increased mortality from causes other than lymphoid leukosis. These results have led to world-wide efforts by industry to eradicate the virus. The eradication programs have led to a reduction in the frequency of infection and to improvements in performance.

- Green-muscle disease is a developmental disorder of meat-type chickens and turkeys. A procedure by which a blood enzyme is used to detect susceptibility to the disorder in live birds was developed and successfully tested in genetic selection against the disease. Rapidly growing birds with a broad breast-angle were shown to be most susceptible to the disorder.

- Between 1975 and 1982 a system for measuring the bioavailable nutrients in poultry feeds was developed. The system comprises assays for energy, amino acids, lipids, and minerals. The nutrient data are used in at least 55 countries for the economical formulation of poultry diets. The assays and data are being applied to other monogastric animals.

- A simple procedure for reducing whole birds to a free-flowing, homogeneous powder was developed in 1982. The technique has attracted wide attention and is being used to prepare the carcasses of mice, rats, pigs, and lambs for subsequent analysis.

- Research with meat-type chickens has confirmed and quantified the detrimental influence of fatness on the feed efficiency of broilers. Fatness was shown to have little beneficial effect on meat quality. Results indicate that genetic selection to reduce very low density plasma lipoproteins should reduce fatness as effectively as selection for leanness based on direct fatness measurements.

Other animals

- The breeds of sheep traditionally raised in Canada have yielded only one lamb per year, with multiple births occurring rarely. Multidisciplinary research on integrating genetics, reproduction, nutrition, and management was initiated in 1968 to develop technology for more intensive sheep production. Imported Finnish Landrace and East Friesian sheep were combined with established Canadian breeds to produce prolific strains of dam. Through crossbreeding and selection, these strains of dam now produce 2.8 lambs per ewe every 8 months. Imported Ile de France were combined with Suffolk and with other established Canadian sire-type breeds to produce a terminal strain of sires that are fast growing and have a high yield of lean meat. The integration of breeding research with other disciplinary components of the system has resulted in a highly productive system capable of marketing three lambs per ewe per year. The research has resulted in the development of technology and management strategies that are being integrated into Canadian lamb production systems, allowing Canadian producers to realize increases of up to 200% in production as compared with those achieved by conventional management systems based on a single crop of lambs per year.

- In the early 1980s Romanov sheep were imported from France. This breed is physically small but has the ability to produce and raise a large number of lambs. The record is nine lambs from one ewe in a single lambing. This breed is being crossed with Dor-

Volaille

• Des études de base en embryologie effectuées dans les années 1930 et 1940 ont permis d'établir une technique d'évaluation de la fertilité des oeufs non incubés. Au cours d'études ultérieures, les chercheurs ont élaboré des procédés pratiques d'insémination artificielle chez les poules et les dindes.

• C'est à la fin des années 1940 que l'utilité des radio-isotopes en tant que traceurs a été reconnue dans les domaines de la biochimie et de la physiologie. Le test d'évaluation de la teneur en vitamine D du tibia des poussins a été perfectionné. Des radio-isotopes (calcium-45) ont servi à étudier le rôle de la vitamine D dans la formation des os et le métabolisme des minéraux.

• Depuis les années 1950, on évalue les programmes à long terme de sélection de nombreux caractères chez les pondeuses et les poulets de chair. Des augmentations de plus de 40 % du taux de ponte, accompagnées d'améliorations de la qualité des oeufs et de la viabilité des troupeaux ont également été observées chez les pondeuses. Le taux de croissance des poulets de chair a augmenté de 40 % et, dernièrement, une réduction simultanée de la teneur en gras a pu être obtenue.

• Des chercheurs de la Direction et des chercheurs de l'industrie ont oeuvré conjointement à la mise au point de systèmes de production de poulets à griller extrêmement efficaces. Grâce à ces nouveaux systèmes, une volaille met 42 jours pour atteindre un poids de 2 kg en 1985 alors qu'il lui en fallait 84 en 1950.

• Les études entreprises depuis 1962 nous ont permis d'approfondir nos connaissances sur les facteurs biologiques qui influent sur la qualité des coquilles d'oeuf, laquelle peut maintenant être mesurée rapidement et précisément. Les rapports entre le métabolisme de la vitamine D_3, l'oestrogène et la qualité des coquilles ont été évalués, ce qui a permis de réduire les bris de coquilles. Les chercheurs ont démontré que, chez la poule, les mécanismes physiologiques, comme l'équilibre acide-base et l'homéostasie du calcium, n'améliorent que de façon négligeable la qualité des coquilles lorsque les régimes alimentaires déjà adéquats sont modifiés. Cette conclusion met en question la théorie classique selon laquelle les bris de la coquille sont causés par des carences nutritionnelles et peuvent être évités en modifiant le régime alimentaire de la poule.

• Au cours des deux dernières décennies, les avantages du croisement de lignées ou de races chez les poulets de chair et les pondeuses ont été mis en évidence. Les croisements ont produit des sujets d'une plus grande vigueur et constituent une technique d'amélioration génétique rapide. Ils sont particulièrement efficaces pour la transmission de caractères à faible héritabilité comme le taux de ponte. Les différences observées entre les croisements réciproques semblent indiquer que les résultats sont meilleurs lorsque certaines lignées servent de géniteurs et d'autres de génitrices. Selon les caractères visés, les améliorations résultant des croisements sont temporaires et parfois minimes par rapport aux améliorations cumulées de la sélection génétique à long terme. La sélection et le croisement donnent tous les deux de bons résultats et servent aux sélectionneurs du Canada et des autres pays à optimaliser l'amélioration génétique de leurs troupeaux.

• Grâce aux résultats des études détaillées effectuées entre 1962 et 1968 sur les facteurs qui influent sur la viabilité des embryons aviaires aux stades de la préincubation et de l'incubation, les chercheurs ont pu mettre au point des systèmes plus souples qui permettent d'obtenir des poussins d'un jour plus vigoureux et de meilleure qualité; les sélectionneurs peuvent ainsi obtenir de meilleurs résultats sur le plan génétique par un accroissement notable de la taille des couvées.

• Depuis les années 1960, des études ont démontré que chez les poules, la résistance génétique, en combinaison avec la résistance induite par vaccination, fournit une protection optimale contre la maladie lymphoproliférative de Marek. Les essais de sélection simultanée des caractères de production et de résistance ont été couronnés de succès. On a démontré que la résistance à la maladie de Marek était associée à un important gène d'histocompatibilité.

• La leucose lymphoïde chez les poules est une maladie virale qui n'entraîne qu'un faible taux de mortalité. Les études effectuées depuis 1971 ont démontré que chez les poules atteintes de leucose, d'autres causes étaient à l'origine de la réduction marquée de la productivité et de l'accroissement notable du taux de mortalité. Depuis cette découverte, les programmes de lutte mis en oeuvre par l'industrie à l'échelle internationale ont permis de réduire la fréquence de contamination et d'améliorer le rendement des troupeaux de volailles.

• La maladie du muscle vert est une perturbation du développement chez les poules et les dindes de chair. Un nouveau procédé où les chercheurs ont recours à une enzyme du sang pour déterminer la susceptibilité des sujets à la maladie a été appliqué à la sélection génétique en vue d'enrayer la maladie et a donné de bons résultats. Les volailles à croissance rapide et à large angle pectoral sont plus sensibles à cette maladie.

• Un système de mesure (tests de mesure de l'énergie, des acides aminés, des lipides et des minéraux) des éléments nutritifs bioassimilables dans les aliments pour la volaille a été élaboré entre 1975 et 1982. Les données sur les éléments nutritifs sont utilisées dans 55 pays au moins pour composer des rations moins coûteuses. On a aussi recours aux mêmes tests pour constituer les rations d'autres animaux monogastriques.

• Un procédé simple de réduction en poudre homogène des volailles entières qui a été mis au point en 1982 suscite beaucoup d'intérêt. Cette technique est utilisée pour réduire en poudre les carcasses de souris, de rats, de porcs et d'agneaux en vue de leur analyse.

• Des études effectuées sur les poulets de chair ont confirmé et quantifié l'effet néfaste de l'état d'engraissement sur la qualité alimentaire des poulets à griller. On a démontré que le gras même a très peu d'effet bénéfique sur la qualité de la viande et que la sélection génétique pratiquée en vue de réduire les lipoprotéines plasmatiques de très faible densité devrait permettre de réduire la teneur en gras aussi efficacement que les techniques de sélection de minceur effectuée d'après des mesures directes du gras.

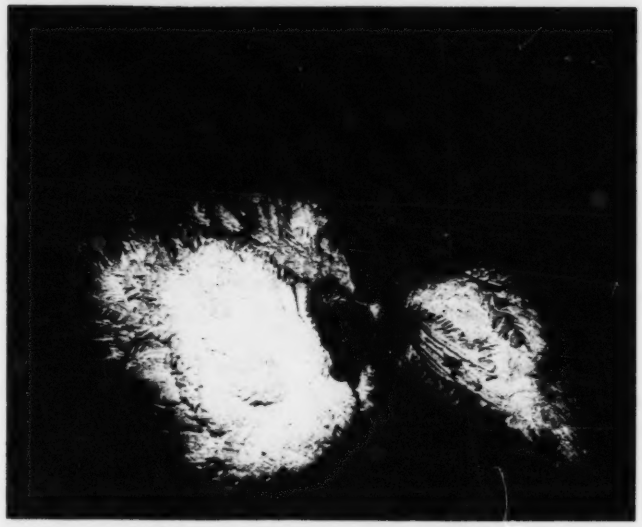
Autres animaux

• De tout temps, les races de moutons élevées au Canada ont rarement produit plus d'un agneau par agnelage et n'ont mis bas qu'une fois l'an. En 1968, des études pluridisciplinaires sur l'intégration des méthodes de génétique, de reproduction, de nutrition et d'exploitation ont été amorcées afin de mettre au point des techniques d'élevage intensif du mouton. Des moutons Finnois Landrace et East Friesian ont été importés puis croisés avec des races canadiennes établies pour obtenir des lignées prolifiques de brebis. Grâce aux croisements et à la sélection, chacune de ces brebis

set–Leicester–Suffolk sheep, to obtain greater size. With the development of artificial diets and intensive management systems, the ability of Canadian sheepbreeders to satisfy a greater share of domestic requirements could expand rapidly.

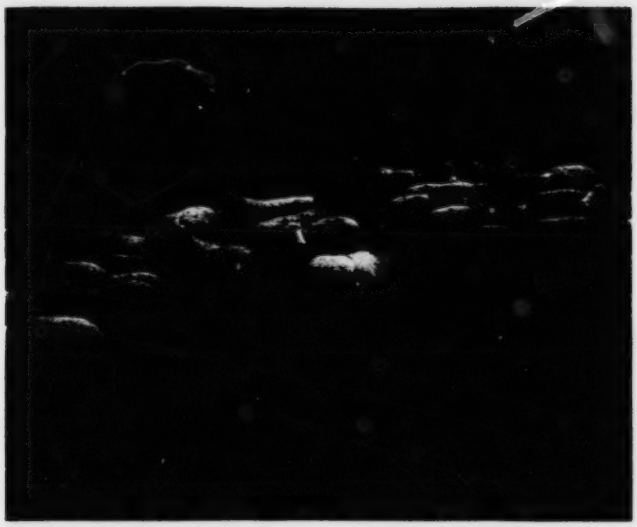
• A 4-year study has compared a conventional once-a-year lambing system with a system in which ewes lamb every 8 months under artificial light. Annual lamb production by half-Dorset Horn ewes was similar for the two systems. However, under the accelerated system, Finnish Landrace ewes produced 18% more lambs per year than did ewes on the control system. Ewe lambs sired by Finnish Landrace or Romanov rams had higher ovulation rates and litter size than those sired by Dorset or Western rams. Romanov-sired ewes conceived about 3 weeks earlier and their lambs demonstrated more vigor at birth and less mortality than those of Finn-sired ewes. In a 5-year study, crossbred ewes from Finnish Landrace × mutton breed proved superior to crossbred ewes from Finnish Landrace × range breed in the number of lambs born. These results indicate that Finnish Landrace rams should be mated to mutton breed ewes to produce crossbred ewes with a high reproductive capacity.

• Studies of honey bee genetics and bee behavior were carried out in the early 1960s. For the first time in Canada, queen bees were artificially inseminated. Inbred lines were selected for specific traits, one of which was pollen-collecting propensity.



Turkeys are used in nutrition trials, which contribute to the economical formulation of poultry diets.

Des dindons servent à des essais de nutrition menés en vue d'élaborer des régimes alimentaires économiques pour la volaille.



Dorset-Leicester-Suffolk ewes have an 8-month breeding season and produce 1.5 lambs per year without the use of hormone treatments and special photoperiods.

Les brebis Dorset-Leicester-Suffolk ont une saison de reproduction de 8 mois et un taux d'agnelage de 1,5 agneau par année, et ce, sans traitements hormonaux ni régimes photopériodiques particuliers.

produit actuellement 2,8 agneaux en moyenne tous les 8 mois. Des sujets importés des races Ile de France et Suffolk ont été croisés entre eux et avec des races de géniteurs établies au Canada afin de produire une lignée de béliers terminaux qui croissent rapidement et ont un fort rendement de viande maigre. Par l'intégration des études en reproduction et des études d'autres disciplines connexes, les chercheurs ont conçu un système extrêmement efficace qui permet aux brebis de donner trois agneaux annuellement. Aussi, ces études ont conduit à l'élaboration de techniques et de stratégies d'exploitation que l'on intègre actuellement aux systèmes canadiens; les augmentations du rendement sont de l'ordre de 200 % par rapport au rendement des systèmes classiques d'une seule mise bas par an.

- Au début des années 1980, des moutons Romanov ont été importés de France. Bien qu'elle soit de petite taille, cette race est très prolifique; le record est de neuf agneaux en un seul agnelage. On croise actuellement des Romanov et des Dorset-Leicester-Suffolk pour obtenir des moutons plus grands. Grâce à la mise au point de régimes alimentaires artificiels et de systèmes intensifs d'exploitation, les éleveurs canadiens pourront de plus en plus satisfaire à la demande au pays.

- Au cours d'une étude de 4 ans, le système classique prévoyant un agnelage par an a été comparé à un système prévoyant un agnelage tous les 8 mois dans des conditions d'éclairage artificiel. Le rendement annuel des brebis issues d'un parent Dorset Horn était semblable dans les deux cas. Toutefois, dans le système dit accéléré, les brebis Finnois Landrace ont produit 18 % plus d'agneaux par année que les brebis soumises au système dit contrôle. Les brebis saillies par des béliers Finnois Landrace ou Romanov avaient des taux d'ovulation et des portées supérieurs aux brebis saillies par des béliers Dorset ou Western. Les brebis saillies par des béliers Romanov ont mis bas environ 3 semaines plus tôt et leurs agneaux étaient plus vigoureux à la naissance et leur taux de mortalité était plus bas que les agneaux de brebis saillies par des béliers Finn. À la suite d'une recherche de 5 ans, les brebis croisées avec un Finnish-Landrace X race de boucherie étaient supérieures aux brebis croisées avec un Finnish-Landrace X race de parcours en ce qui touche au nombre d'agneaux mis bas. Ces résultats indiquent que les béliers Finnish Landrace peuvent être accouplés avec des brebis croisées à des races de boucherie pour produire une nouvelle race de brebis ayant une grande capacité de reproduction.

- Des études portant sur la génétique et le comportement de l'abeille ont été entreprises au début des années 60. Pour la première fois au Canada, les reines furent inséminées artificiellement. Les lignées croisées furent sélectionnées en fonction de traits spécifiques, par exemple la propension à cueillir du pollen.

CROP PRODUCTIVITY RESEARCH

A climate characterized by a long winter and a short growing season has provided an enormous challenge for Canadian farmers. Early research by the Dominion Experimental Farms was concentrated on the development of crop cultivars that could be adapted to Canadian conditions. In 1889, 74 cultivars of spring wheat, 49 of barley, and 80 of oats were assembled for plot trials. About 3 years later plant-breeding efforts resulted in the introduction of Marquis wheat, which was released for trial in the Prairie Provinces in 1907. Since then, work has continued on the breeding and selection of crops with high yields, good quality, early maturity, cold tolerance, and pest resistance. Research Branch scientists have collected many thousands of land races of wheat, barley, and oats, and their wild relatives, in plant-collecting expeditions to the Middle East and Africa. These germ-plasm collections have provided breeders with new sources of disease-resistant genes, enabling them to develop cultivars that resist attack by new races of plant pathogens, particularly rust that attacks cereal crops. Methods have been developed for transferring genes from wild relatives of wheat and oats, and gene interactions have been described. These studies are important to the success of the breeding programs.

Wheat is the single most important crop grown, both in terms of production and export, although oilseeds are gaining in importance as the canola crop increases in western Canada and as new short-season soybean cultivars expand the area of production for this commodity. From the early days it was evident that forage crops should be studied as a means of promoting the Canadian livestock industry. At present, forages represent about 70% of the feed requirements of beef cattle. Research programs include breeding and evaluating new cultivars for the required nutrient content.

Studies on crop management, soil fertility, and crop protection are important components of research on field crops. The current multidisciplinary approach includes the development of new and expanded uses for these crops.

Horticulture was established early in the regions of Canada that enjoy a milder climate, but in less favored regions introduced cultivars required improvement through breeding and selection. Apple-breeding programs began early with two major objectives: finding cultivars suitable for eastern Ontario and Quebec and developing cultivars suitable for the Prairie Provinces. As a result of research, more than 14 000 growers across Canada produce more than 10 different fruit crops, most of which are used in the processing industry.

Current research is conducted on all aspects of production and protection of fruits and vegetables. The quality of these crops, both fresh and processed, is assessed. Ornamental horticulture is expanding as a result of new field and greenhouse production techniques. Research is being directed to the development, testing, and release of high-quality plants that are adapted to the various climatic regions of Canada.

Cold-stress resistance is demonstrated by this cold-hardened rye cell, which shows reversible membrane deletion during plasmolysis.

Cette cellule de seigle, endurcie au froid, affiche une résistance au stress causé par le froid, résistance qui se révèle par la rupture réversible de sa membrane au cours de la plasmolyse.

Cereals

• Marquis spring wheat, released for trial in western Canada in 1907, marked the beginning of wheat breeding in Canada. Because of its early maturity (3–10 days earlier than Red Fife), high yield, and good straw strength, Marquis quickly became the leading cultivar, and by 1920 occupied 90% of the wheat area. It also has the excellent bread-making qualities of Red Fife, which had established Canada's reputation as a supplier of high-quality wheat. Marquis remains the official standard of quality for bread wheat.

• Rescue, released in 1946, was the first wheat cultivar in Canada with resistance to the wheat stem sawfly. The larvae of this insect pest can cause major crop losses by weakening the stem near ground level, which results in the heads falling to the ground. Rescue has a solid stem, which inhibits larval development. Although Rescue had some shortcomings derived from the solid-stemmed parent, they have been eliminated in a stepwise breeding effort, culminating in the latest sawfly-resistant cultivar, Leader, released in 1982. Leader has good agronomic and yield characteristics and a high level of sawfly resistance; it also has harvest-time sprouting resistance, thus avoiding the problem of high α-amylase, characteristic of earlier cultivars. The adoption of Rescue and Leader for production in the southwestern area of the prairies has dramatically reduced losses caused by wheat stem sawfly.

• The release of Selkirk wheat in 1953 was a milestone in the battle against stem rust in the eastern prairies. Selkirk, which has a high level of stem rust resistance, was released to counter the devastating attack of the new race 15B. By 1955 it was the predomi-

RECHERCHE SUR LES PRODUCTIONS VÉGÉTALES

Good-quality pastures are a major source of feed for cattle in Quebec.

Des pâturages de bonne qualité constituent une source importante d'aliments pour les bovins au Québec.

Le climat caractérisé par un long hiver et une brève saison de végétation a posé un énorme défi aux agriculteurs canadiens. Les premières recherches effectuées par les fermes expérimentales fédérales ont mis l'accent sur la création de cultivars susceptibles de s'adapter aux conditions climatiques canadiennes. En 1889, 74 cultivars de blé de printemps, 49 d'orge et 80 d'avoine ont été réunis à des fins d'essais en parcelle. Environ 3 ans plus tard, les efforts déployés en matière de sélection ont débouché sur l'introduction du blé Marquis qui a été mis à l'essai dans les provinces des Prairies en 1907. Depuis, les travaux se sont poursuivis sur l'amélioration et la sélection de cultures à hauts rendements, de bonne qualité, précoces, tolérantes au froid et résistantes aux parasites. Des spécialistes de la Direction générale de la recherche ont recueilli plusieurs milliers de lignées naturelles de blé, d'orge et d'avoine, ainsi que les espèces sauvages apparentées, lors d'expéditions au Moyen-Orient et en Afrique. Ces récoltes de matériel génétique ont fourni aux phytogénéticiens de nouvelles sources de gènes résistants aux maladies et leur ont permis de créer des cultivars résistants aux nouvelles races d'agents phytopathogènes, en particulier la rouille qui s'attaque aux céréales. Des méthodes de transfert de gènes prélevés sur des espèces sauvages apparentées du blé et de l'avoine ont été mises au point et des interactions géniques ont été décrites. Ces études sont importantes pour assurer le succès des programmes de sélection.

Le blé est la plante la plus importante actuellement cultivée, tant au point de la production que de l'exportation, bien que les oléagineux prennent de l'importance depuis que la culture du colza Canola s'intensifie dans l'ouest du Canada et que de nouveaux cultivars précoces de soja élargissent la zone de production de cette denrée. Depuis le début, il était clair qu'il fallait étudier les cultures fourragères comme moyen de promouvoir le secteur canadien de l'élevage. À l'heure actuelle, les fourrages satisfont environ 70 % des besoins alimentaires des bovins de boucherie. Les programmes de recherches en cours comprennent la sélection et l'évaluation de nouveaux cultivars pour obtenir la teneur voulue en substances nutritives.

Les études sur la conduite des cultures, la fertilité du sol et la protection des cultures représentent des composantes importantes de la recherche sur les grandes cultures. La démarche pluridisciplinaire actuelle comprend la mise au point d'utilisations nouvelles et élargies de ces cultures.

L'horticulture a tôt fait de s'établir dans les régions canadiennes qui jouissent d'un climat plus doux, mais dans les régions moins favorisées, les cultivars introduits ont dû être améliorés par la phytogénétique. On n'a pas tardé à lancer des programmes de sélection de pommiers en poursuivant deux objectifs principaux, à savoir la création de cultivars adaptés à l'est de l'Ontario et du Québec d'une part, et aux provinces des Prairies d'autre part. Il en résulte que plus de 14 000 producteurs d'un bout à l'autre du Canada produisent maintenant plus de 10 cultures fruitières différentes dont la plupart vont au secteur de la transformation.

Les recherches actuelles touchent tous les aspects de la production et de la protection des fruits et des légumes. La qualité de ces produits frais et transformés fait actuellement l'objet d'évaluations. Quant à l'horticulture ornementale, elle est en pleine expansion par suite de l'adoption de nouvelles techniques de production en plein champ et en serre. Les recherches mettent l'accent sur la création, l'essai et la mise au commerce de plants de haute qualité adaptés aux diverses régions climatiques du Canada.

Céréales

• Le blé de printemps Marquis, mis à l'essai dans l'ouest du Canada en 1907, a marqué le début de la sélection du blé au Canada. À cause de sa précocité (3 à 10 jours plus hâtif que Red Fife), de son rendement élevé et d'une bonne résistance de la tige, Marquis a tôt fait de devenir le cultivar prédominant pour finalement occuper 90 % des superficies cultivées en blé en 1920. Il possède également les excellentes qualités de panification de Red Fife qui avaient fait la réputation du Canada comme fournisseur de blé de grande qualité. Marquis demeure l'étalon officiel de qualité pour les blés de panification.

• Rescue, mis au commerce en 1946, a été le premier cultivar de blé au Canada possédant une résistance au cèphe du blé. Les larves de cet insecte parasite peuvent causer de lourdes pertes de récolte en affaiblissant la tige près du niveau du sol, ce qui entraîne la chute des épis. Rescue a une tige pleine qui entrave le développement des

nant cultivar in the rust area. Selkirk, and rust-resistant cultivars that have followed, have protected the crop against significant rust losses in the intervening 30 years.

• Neepawa, a wheat cultivar released in 1969, was soon recognized as having wide adaptability and excellent resistance to prevalent races of rust. Although Neepawa was developed for the rust area of the eastern prairies, it quickly moved across the entire wheat-growing area of the prairies. By 1975 it occupied over 50% of the crop area, a position it held for 10 years. Not since Thatcher, released in 1935, has a cultivar been so widely accepted. Katepwa, released in 1981, is a Neepawa backcross and appears to have wide adaptability as well.

• Seven durum wheat cultivars, from Hercules released in 1969 to Kyle released in 1983, provide major improvements in agronomy, disease resistance, and quality. Compared with older cultivars, these durum cultivars mature as much as 7 days earlier, are 20 cm shorter strawed, and 15% higher yielding. Resistance to bunt and to some races of loose smut has been incorporated, and pasta-making quality has been improved to make Canadian durum wheat among the most desired in the world market.

• The winter wheat cultivar Norstar, released in 1977, has made possible a rapid increase in winter wheat crop area in Saskatchewan and Manitoba because of its excellent winter survival. Norstar can outyield current hard red spring wheats. Breeding for disease resistance is under way to develop new varieties that combine the yielding ability, quality, and winterhardiness of Norstar with resistance to snow mold, stem rust, and other diseases now found in the best spring wheats.

• Columbus wheat, released in 1980, is the first common wheat developed in Canada with resistance to harvest-time sprouting. Germinating wheat produces excess amounts of the enzyme α-amylase, which causes damaged starch molecules in flour to liquefy, thus lowering the grade of the flour for milling and baking. Columbus, developed by backcrossing using Neepawa as the recurrent parent, possesses the sprouting resistance of line RL 4137. It has higher yields than Neepawa, probably because it has acquired some resistance to leaf rust, and matures later.

• HY 320 was released in 1985 as the first cultivar in a new wheat class designated Canada Prairie. Its quality characteristics, different from those of the hard red spring wheats, have been termed triple medium, indicating medium kernel hardness, medium protein content, and medium gluten strength. This quality is well suited for the production of Brazilian, North African, and Middle Eastern breads, chapati, and pasta, which represent an increasing proportion of the demand for wheat. HY 320 provides the producer with a 20–30% yield advantage over Neepawa.

• A breeding program for soft white winter pastry wheat for Ontario, begun in 1924, has released five cultivars, of which Fredrick (1971) has been the most successful. Fredrick now represents 80–90% of the winter wheat grown in Ontario. Basic research on mechanisms of coldhardiness and the identification of ice encasement as a major factor in winterkill have contributed significantly to the breeding of this successful cultivar.

• Harus, a soft white wheat cultivar, released in 1985 for southwestern Ontario, yielded 10–17% more than the currently grown cultivars in large plot and farm-scale trials. It is resistant to wheat spindle streak mosaic, lodging, and sprouting.

A wheat stem sawfly ovipositing. The economic impact of this pest was greatly reduced by the introduction of solid-stemmed wheat cultivars.

Cèphe du blé, en oviposition. Les répercussions économiques des dommages causés par ce ravageur ont grandement diminué grâce à la création de cultivars de blé à tige pleine.

• In 1927 research on the function of the pycnidial stage of wheat rust showed that the pycnia are of two distinct mating types and that fertilization between the two types is necessary to complete the life cycle on barberry. It is this mechanism that provides for the redistribution of genetic material in the rust organism, leading to new races. This knowledge has played a major role in the subsequent study of rust races, the inheritance of virulence, and the development of resistant cultivars.

• Research on wheat smut has resulted in information on virulence combinations, the development of a detection method for loose smut in seed, improved testing methods, and an understanding of species relationships. These findings have led to the development of a genetic pool of diverse sources of resistance and to the incorporation of resistance into commercial cultivars. The availability of smut-resistant cultivars has resulted in significantly reduced yield losses, reduced cost and risk in use of control pesticides, and virtual elimination of bunt (covered smut) in wheat cargoes. Bunted wheat cargoes, a serious problem in the early part of this century, would be a major threat to our export market.

• Research Branch scientists have identified, studied, and isolated 38 genes for stem and leaf rust resistance in wheat. These genes derive from diverse genetic material, including wild relatives of wheat. They form the basis for the excellent rust resistance of

larves. Même si Rescue affichait certaines lacunes héritées du parent à tige pleine, celles-ci ont été éliminées grâce à des efforts progressifs d'amélioration qui ont culminé dans la création du plus récent cultivar résistant au cèphe, Leader, mis au marché en 1982. Leader possède de bonnes qualités agronomiques, un bon rendement et résiste bien au cèphe; il résiste également à la germination sur pied au moment de la récolte, ce qui permet d'éviter des problèmes causés par la forte concentration en α-amylase, caractéristique des cultivars précoces. L'adoption de Rescue et de Leader pour la région du sud-ouest des Prairies a permis de réduire de façon spectaculaire les pertes causées par le cèphe du blé.

• La mise au commerce du blé Selkirk en 1953 a été un point tournant dans la bataille contre la rouille de la tige dans l'est des Prairies. Selkirk, qui résiste bien à la rouille de la tige, a été créé pour contrecarrer les attaques dévastatrices de la nouvelle race 15B. En 1955, ce cultivar dominait dans la zone des rouilles. Selkirk et les cultivars résistants qui ont suivi ont permis de protéger la culture contre de lourdes pertes dues à la rouille au cours des 30 ans écoulés depuis sa création.

• Neepawa, un cultivar de blé mis au marché en 1969, a été vite reconnu pour sa grande adaptabilité et son excellente résistance aux races dominantes de rouille. Bien qu'il ait été créé pour la zone des rouilles de l'est des Prairies, il a tôt fait de se répandre dans toute la région céréalière des Prairies. En 1975, il occupait plus de 50 % des superficies en culture, position qu'il a maintenue pendant 10 ans. Jamais depuis Thatcher, mis au commerce en 1935, on a vu un cultivar si largement accepté. Katepwa, mis au marché en 1981, est un rétrocroisement de Neepawa et semble posséder également une grande capacité d'adaptation.

• Sept cultivars de blé dur, de Hercules mis au commerce en 1969 à Kyle, en 1983, incarnent les principales améliorations apportées dans les caractères agronomiques, la résistance aux maladies et la qualité. Comparativement aux anciens cultivars, ces blés durs parviennent à maturité jusqu'à 7 jours plus tôt, ont une tige plus courte de 20 cm et un rendement plus élevé de 15 %. La résistance à la carie et à certaines races de charbon nu a été intégrée et la qualité pastière a été améliorée pour faire du blé dur canadien l'un des plus recherchés sur le marché mondial.

• Le cultivar de blé d'hiver Norstar, mis au marché en 1977, a rendu possible l'extension rapide des superficies cultivées en blé d'hiver en Saskatchewan et au Manitoba à cause de son excellente capacité de survie à l'hiver. Le rendement de Norstar peut surpasser celui des blés vitreux roux de printemps actuels. La sélection pour la résistance aux maladies est en cours en vue de créer de nouvelles variétés capables de combiner la productivité, la qualité et la rusticité de Norstar avec la résistance à la moisissure nivéale, à la rouille de la tige et à d'autres maladies qui s'attaquent actuellement aux meilleurs blés de printemps.

• Le blé Columbus, mis au commerce en 1980, est le premier blé commun créé au Canada capable de résister à la germination sur pied au moment de la récolte. La germination sur pied produit des quantités excessives de l'enzyme α-amylase, ce qui provoque la liquéfaction des molécules d'amidon endommagées de la farine, et partant en abaisse la qualité pour la meunerie et la boulangerie. Columbus, créé par un rétrocroisement à l'aide de Neepawa comme parent récurrent, possède la résistance à la germination de la lignée RL-4137. Il est plus tardif et produit davantage que Neepawa, probablement du fait qu'il a acquis une certaine résistance à la rouille des feuilles.

• HY 320 a été mis au commerce en 1985 comme le premier cultivar de la nouvelle classe de blé désignée comme Canada Prairies. À cause de ses caractères de qualité, qui diffèrent de ceux des blés vitreux roux, il a été désigné triple M, ce qui signifie une vitrosité du grain, une teneur protéique et une force du gluten moyennes. Cette qualité convient parfaitement à la production des pains du Brésil, d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient, ainsi que du chapati et des pâtes alimentaires qui absorbent une proportion sans cesse croissante de la demande de blé. HY 320 permet aux producteurs un gain de rendement de 20 à 30 % par rapport à Neepawa.

• Un programme de sélection de blé blanc tendre d'hiver à pâtisserie pour l'Ontario, lancé en 1924, a permis de mettre au marché cinq cultivars, dont Fredrick (1971) qui a donné les meilleurs résultats. Fredrick représente actuellement de 80 à 90 % du blé d'hiver cultivé en Ontario. Les recherches fondamentales sur les mécanismes de la résistance au froid et sur l'identification de la prise en glace comme facteur principal de destruction par le froid ont contribué largement à l'amélioration de ce cultivar recherché.

• Harus, un cultivar de blé blanc tendre, mis au marché en 1985 pour le sud-ouest de l'Ontario, a produit 10 à 17 % de plus que les cultivars actuellement cultivés dans le cadre d'essais parcellaires et en vraie grandeur. Il résiste à la filosité-bigarrure, à la verse et à la germination sur pied.

• En 1927, les recherches sur la fonction du stade pycnidien de la rouille du blé ont révélé que les picnides sont de deux types sexuels distincts et que la fertilisation entre les deux types est nécessaire pour compléter le cycle biologique sur l'épine-vinette. C'est ce mécanisme qui assure la redistribution du matériel génétique dans l'organisme de la rouille et entraîne la création de nouvelles races. La reconnaissance de ce mécanisme a joué un rôle de premier plan dans l'étude subséquente des races de rouille, l'hérédité de la virulence et la création de cultivars résistants.

• Les recherches sur le charbon du blé ont permis d'obtenir des données sur les combinaisons de virulence, de mettre au point une méthode de détection du charbon nu dans la semence, d'améliorer les méthodes d'essais et de comprendre les relations interspécifiques. Ces résultats ont donné lieu à la création d'un réservoir génétique de diverses sources de résistance et à l'introduction de la résistance dans des cultivars commerciaux. L'accessibilité de cultivars résistants au charbon s'est soldée par une réduction spectaculaire des pertes de rendement, une baisse des coûts et des risques inhérents à l'utilisation de pesticides et l'élimination virtuelle de la carie (charbon couvert) dans les cargaisons de blé. Les cargaisons de blé carié, un grave problème au début du siècle, constitueraient en effet une menace sérieuse pour notre marché d'exportation.

• Les spécialistes de la Direction générale de la recherche ont identifié, étudié et isolé 38 gènes en vue d'obtenir une plus grande résistance à la rouille de la tige et des feuilles chez le blé. Ces gènes sont issus de divers matériels génétiques, y compris des espèces sauvages apparentées au blé. Ils forment la base de l'excellente résistance à la rouille des cultivars canadiens et sont utilisés dans les programmes de recherches sur le blé dans le monde entier. L'accessibilité de ces gènes a rendu possible la synthèse de cultivars dotés de la résistance complexe qui a permis de protéger le blé de l'ouest canadien pendant de nombreuses années.

• Nous avons fait des progrès importants dans notre compréhension de la biochimie du plant de blé et des rapports hôte-parasite qui caractérisent la rouille de la tige. Les réalisations comprennent la

Canadian cultivars and are used in wheat research around the world. The availability of these genes has made possible the synthesis of cultivars with the complex resistance that has protected western Canadian wheat for many years.

• Major advances have been made in our knowledge of the biochemistry of wheat plants and the host–parasite relationships with wheat stem rust. Achievements include an understanding of the role of aromatic compounds in the wheat–rust interaction; the first report of a hydroxylated amine isolated from plants; characterization of the foliates of stem rust; and the demonstration that various genes for resistance cause unique cellular reactions, indicating that it is impossible to make generalizations about the nature of plant resistance.

• Common root rot is a disease that is endemic in wheat and barley in the Canadian prairies. Cytogenetic studies using reciprocal substitution lines have identified the first major gene that conditions resistance to common root rot. It was also established that sawfly resistance and high susceptibility to common root rot are not genetically linked. These findings assist breeders in developing superior wheats for production in Canada's Prairie Provinces.

• In the 1950s research showed that wheat streak mosaic, a viral disease, seriously limited the production of winter wheat in southern Alberta and that a tiny mite, *Aceria tulipae*, was responsible for transmitting the virus. This discovery resulted in the development of a new cropping practice by which the planting of winter wheat is delayed until nearby spring-sown and volunteer cereals mature or are destroyed. The cropping practice destroys the mite and the virus, which require green cereals or grasses for survival. Winter wheats with resistance to the mite vector, obtained from one of the grasses, are being developed to control the disease.

• Wheat spindle streak mosaic is a viral disease that severely limits the productivity of winter wheat in Ontario and the northern United States. Research has shown that the disease is caused by an unusual virus that can remain dormant in the soil for several years in the spores of a fungus. During cool weather in autumn the virus is carried by the fungus into the roots of wheat seedlings. The effectiveness of a long rotation and the liberal use of manure in reducing damage from the disease has been demonstrated. Resistance to the disease has been discovered and is being incorporated by breeding into new wheat cultivars for Ontario.

• Improvement of oat cultivars began in the eastern prairies in 1925 and resulted in the timely release of new cultivars resistant to the prevalent races of various rusts, smuts, and other diseases. Improved disease resistance, straw strength, and kernel quality have been major factors in increasing yields and maintaining production. The cultivars Ajax, Garry, Rodney, and Harmon have occupied a significant proportion of the area sown to oats in Canada. Altogether, 15 oat cultivars suited for production in the eastern prairies have been released. The most recent, Riel, licensed in 1985, possesses exceptional kernel quality along with good yield and excellent multigenic disease resistance.

• The oat cultivar Erban was introduced to Prince Edward Island in 1937 when losses caused by rust diseases were very high. In 1946 the cultivar Abegweit, a cross between Erban and the stem-rust-resistant Vanguard, was introduced in the Maritime Provinces. This new stem-rust-resistant oat became widely used in breeding programs throughout Canada and the United States.

• In 1985 the oat cultivar Marion was developed. It is especially adapted for Ontario and the Maritime Provinces. Its main qualities are earliness and high yield. Marion is ideal for rotation with potatoes.

• Canada's first high-protein oat cultivar, Hinoat, was selected from a complex hybrid and was licensed in 1973. The grain yield potential of Hinoat is approximately 25% less than standard low-protein cultivars, which is a normal result when breeders attempt to combine the trait for high protein with that for high yield. Hinoat is no longer grown as a commercial cultivar but has become a standard oat to use in research on oat proteins. Its development has helped focus attention on the excellent nutritional value of oat protein.

• Canada's first forage-type oat cultivar, Foothill, was licensed in 1978 and is grown mainly in Alberta and Saskatchewan. Over 400 000 hectares of oats are grown annually for forage, and Foothill was bred specifically to serve this market. Foothill is a dual-purpose oat that can be grown for grain or forage.

• Canada's first daylength-insensitive oat cultivar, Donald, was licensed in 1982. The daylength-insensitivity trait permits plants to flower normally when grown under a wide range of different daylengths. This new discovery permits Canadian breeders to breed in California in the winter and Canada in the summer. Donald has a high yield, large seeds, high hectolitre weight, moderately strong straw, and is resistant to smut and barley yellow dwarf virus but susceptible to rusts and septoria. It serves both the milling oat and the mixed grain trades in Ontario and Quebec. Because Donald can be sown later in the season than daylength-sensitive cultivars without sustaining the same reduction in yield potential, it is particularly suited to areas that commonly have long periods of wet weather in the spring.

• The experimental crop dormoats was bred to raise the yield potential of spring-type oats. Dormoat strains combine the desirable agronomic features of spring-type cultivars of *Avena sativa* L. with the seed dormancy genes of *A. fatua* L. Ideally, dormant dormoat seeds are sown in the fall, overwinter as ungerminated seeds, and germinate in the spring, producing seedlings that take advantage of early-spring moisture and cool temperatures. The plants develop many tillers and large panicles with many seeds, and the early germination enables them to escape serious diseases such as rusts, septoria, and barley yellow dwarf virus. Yield advantages of 10–25% have been observed for autumn-sown oats compared with oats sown in the spring. Prototype dormoat cultivars have been bred, and research is now concentrated on developing a seed management protocol under which seeds germinate in spring but not autumn.

• Research on the nature of rust resistance in oats has resulted in the isolation of 23 genes for stem and crown rust resistance. Many of these genes were obtained from species of wild oats collected by Research Branch scientists on expeditions to North Africa and the Middle East. These resistance genes have been characterized and isolated to form the basis of the excellent multigenic resistance present in oat cultivars released in recent years for the eastern prairies. These genetic stocks are also being utilized in oat research in many areas of the world.

• Work began in 1979 to explore potential methods for producing high-quality, bran-free oat flour. Based on the observation that partial endosperm cell wall hydrolysis in controlled conditions promotes softening of the endosperm, in a water steep, parameters were established for devising a new industrial method for improved

compréhension du rôle de certains composés aromatiques dans l'interaction blé-rouille, le premier rapport d'un hydroxylamine isolé de certains plants, la caractérisation de la rouille de la tige et la démonstration voulant que divers gènes de résistance provoquent des réactions cellulaires uniques, ce qui montre qu'il est impossible de faire des généralisations sur la nature de la résistance des plantes.

• Le piétin commun est une maladie endémique du blé et de l'orge dans les Prairies canadiennes. Des études cytogénétiques à l'aide de lignées de substitution ont permis d'identifier le premier gène important responsable de la résistance au piétin commun. On a également établi que la résistance au cèphe et la forte sensibilité au piétin commun ne sont pas génétiquement reliées. Ces résultats aident les sélectionneurs à créer des blés de calibre supérieur adaptés aux Prairies canadiennes.

• Dans les années 50, les recherches ont révélé que la filosité-bigarrure du blé, une virose, limitait considérablement la production de blé d'hiver dans le sud de l'Alberta et qu'un minuscule acarien, *Aceria tulipae*, était responsable de la transmission du virus. Cette découverte a entraîné la mise au point d'une nouvelle façon culturale qui consiste à retarder le semi du blé d'hiver tant et aussi longtemps que les céréales de printemps spontanées et voisines ne sont pas mûres ou détruites. Cette façon culturale détruit l'acarien et le virus qui ont besoin de feuillage vert de céréales ou de graminées pour survivre. Des blés d'hiver résistants à l'acarien vecteur prélevé de l'une de ces graminées sont actuellement créés pour lutter contre les maladies.

• La filosité-bigarrure est une virose qui limite considérablement la productivité du blé d'hiver en Ontario et dans le nord des États-Unis. Les recherches ont révélé que la maladie est causée par un virus inhabituel qui peut demeurer dormant dans le sol pendant plusieurs années à l'intérieur des spores d'un champignon. Par temps froid à l'automne, le virus est transporté par le champignon dans les racines des plantules de blé. On a prouvé qu'une longue rotation de culture et qu'une utilisation généreuse de fumier peuvent réduire la gravité des dommages. La résistance à la maladie a été découverte et est actuellement introduite par voie de sélection dans de nouveaux cultivars de blé adaptés à l'Ontario.

• L'amélioration des cultivars d'avoine remonte à 1925 dans l'est des Prairies canadiennes et a débouché sur la mise au marché opportune de nouveaux cultivars résistants aux races dominantes de divers rouilles, charbons et autres maladies. L'amélioration de la résistance aux maladies, la résistance de la tige et la qualité du grain ont été des facteurs déterminants dans l'accroissement des rendements et le maintien de la production. Les cultivars Ajax, Garry, Rodney et Harmon ont occupé une proportion substantielle des superficies semées en avoine au Canada. En tout et partout, 15 cultivars d'avoine adaptés à l'est des Prairies canadiennes ont été mis au commerce. Le plus récent, Riel, homologué en 1985, possède un grain de qualité exceptionnelle, un bon rendement et une excellente résistance multigénique aux maladies.

• Le cultivar d'avoine Erban a été introduit dans l'Île-du-Prince-Édouard en 1937 lorsque les pertes causées par les rouilles étaient très élevées. En 1946, le cultivar Abegweit, un croisement entre Erban et Vanguard résistant à la rouille de la tige, a été introduit dans les provinces Maritimes. Cette nouvelle avoine résistante à la rouille de la tige est devenue largement utilisée dans les programmes de sélection exécutés partout au Canada et aux États-Unis.

• Le cultivar d'avoine Marion a été créé en 1985. Il est particulièrement bien adapté à l'Ontario et aux provinces Maritimes. Ses principales qualités sont la précocité et le rendement élevé. Marion est idéal en rotation avec la pomme de terre.

• Le premier cultivar canadien d'avoine riche en protéines, Hinoat, a été sélectionné à partir d'un hybride complexe et homologué en 1973. Le potentiel de rendement grainier d'Hinoat est d'environ 25 % inférieur à celui des cultivars courants pauvres en protéines, ce qui est normal lorsque les phytogénéticiens tentent de combiner le caractère de la haute teneur protéique à celui d'un rendement élevé. Hinoat n'est plus cultivé commercialement, mais est devenu une avoine étalon servant aux recherches sur les protéines de l'avoine. Sa création a permis d'attirer l'attention sur l'excellente valeur nutritive de la protéine d'avoine.

• Le premier cultivar canadien d'avoine fourragère, Foothill, a été homologué en 1978 et est principalement cultivé en Alberta et en Saskatchewan. Plus de 400 000 ha d'avoine sont cultivés annuellement pour le fourrage et Foothill a été sélectionné précisément pour satisfaire ce marché. Foothill peut être cultivé soit pour le grain, soit pour le fourrage.

• Le premier cultivar canadien d'avoine photo-apériodique, Donald, a été homologué en 1982. Le caractère d'insensibilité au photopériodisme permet aux plants de fleurir normalement lorsque cultivés selon un large éventail de photopériodes différentes. Cette nouvelle découverte permet aux sélectionneurs canadiens de travailler en Californie l'hiver et au Canada en été. Donald possède un rendement élevé, de grosses graines, un poids élevé de l'hectolitre, une tige modérément résistante, est résistant au charbon et au virus du nanisme jaune de l'orge, mais est sensible aux rouilles et à la tache septorienne. Il est surtout utilisé par les secteurs de la meunerie et des céréales mélangées en Ontario et au Québec. Puisque Donald peut être semé plus tard dans la saison que les cultivars photopériodiques sans entraîner la même réduction des possibilités de rendement, il est particulièrement bien adapté aux régions caractérisées par de longues périodes de temps pluvieux au printemps.

• L'avoine dormante expérimentale a été sélectionnée pour relever la capacité de rendement des avoines de printemps. Les lignées d'avoine dormante combinent les caractères agronomiques souhaitables des cultivars de printemps de *Avena sativa* L. aux gènes de dormance de la semence de *A. fatua* L. Idéalement, les semences d'avoine dormante se sèment à l'automne, passent l'hiver sous forme de graines non germées et germent au printemps en produisant des plantules qui tirent profit de l'humidité et des températures fraîches du début du printemps. Les plants développent beaucoup de talles et de grandes panicules garnies de nombreux grains, et la germination précoce leur permet d'échapper à de graves maladies comme les rouilles, la tache septorienne et le virus du nanisme jaune de l'orge. Des hausses de rendement de 10 à 25 % ont été observées chez les avoines semées à l'automne comparativement à celles de printemps. Des prototypes d'avoine dormante ont été sélectionnés et la recherche met actuellement l'accent sur la création d'un protocole de gestion des semences préconisant la germination des semences au printemps plutôt qu'à l'automne.

• La recherche sur la nature de la résistance aux rouilles chez l'avoine s'est soldée par l'isolation de 23 gènes de résistance aux rouilles de la tige et de la couronne. Beaucoup de ces gènes sont issus d'espèces d'avoine sauvage récoltées par des spécialistes de la Direction générale de la recherche lors d'expéditions en Afrique du Nord et au Moyen-Orient. Les gènes de résistance ont été caracté-

oat milling and flour production. Canadian and U.S. patents have been issued for the process.

• Oat breeders have tried unsuccessfully to synthesize commercially useful hull-less oat cultivars. Tibor, a new cultivar with high yields, large seeds, strong straw, and early maturity, was bred and licensed in 1985. Extensive feeding trials have demonstrated that Tibor oats provide a rich source of metabolizable energy and protein. When supplemented with vitamins and minerals, Tibor oats can serve as a complete feed for growing pigs and a major ingredient in broiler diets. These results are important because corn and soybeans, the traditional ingredients in feed rations, cannot be grown successfully in all areas of Canada. If the introduction of Tibor oats is successful, Canada's dependence on imported soybean meal and corn will be reduced.

• The period 1936 to 1971 was productive for the development in western Canada of new cultivars of barley suitable for malting and for feed. The year 1938 saw the development of Plush, a good-yielding cultivar but susceptible to various smuts, rusts, and head and leaf diseases. In 1947 a new cultivar, Vantage, was developed with improved straw and spike characteristics and resistance to attack from stem rust. Keystone was developed in 1961; it was the first smut-resistant Canadian barley, but was not suitable for malting. Conquest and Paragon were the first barleys in Canada to combine good malting and brewing qualities with early maturity and resistance to disease.

• Bonanza, licensed in 1970, stands as the most widely grown barley cultivar in Canadian agricultural history. From 1972 until 1984, it accounted for at least 20% of all the barley crop area in western Canada in each year of production. Bonanza combines good malting quality, which has become a national standard, with good yield and regional adaptation.

• The barley cultivar Kinkora was developed in 1974. It is the only barley cultivar that is resistant to the jointworm and it has some tolerance for acid soils.

• The development of the six-row barley cultivar Klondike, licensed in 1976, represented a significant change in barleys from western Canada in that it was the first feed cultivar to outyield the predominant malt cultivars by some 5%. Klondike provided an economical alternative to malt cultivars tailored for livestock feed.

• Norbert is a two-row barley cultivar developed for the eastern prairies and licensed in 1980. It is resistant to stem rust and net blotch but tolerant of barley yellow dwarf virus. It has considerable yield advantage in this area, where soils are heavy and moisture is abundant. Norbert has several agronomic advantages—large plump kernels, excellent straw strength, and malting quality that is equal or superior to existing two-row cultivars.

• Leduc, a six-row feed barley licensed in 1981, is still one of the top feed cultivars in western Canada. It was developed as a result of research on barley genetics and shows improved disease resistance and yield compared with other contemporary releases.

• Diamond spring barley was licensed in 1982. It is a six-row feed-type cultivar that has yielded more in tests than any cultivar in its maturity group. It outyielded Bonanza by 16%, and it matures earlier than Johnston or Galt. Its straw strength and lodging resistance are superior to Bonanza and Johnston. It is resistant to stem rust, net blotch, and surface-borne smuts. Because of its superior agronomic characteristics, Diamond replaced Klondike and Johnston as a high-yielding, early maturing standard check cultivar in the 1983 and 1984 six-row barley cooperative tests.

Harvesting a field of Tibor hull-less oats at the Central Experimental Farm, 1985.

Récolte d'un champ d'avoine nue Tibor, à la Ferme expérimentale centrale, en 1985.

• The program of barley breeding in Ontario has resulted in the development of several feed-type cultivars, including Vanier and Massey. These are six-row cultivars with high yield and resistance to smut, mildew, and scald.

• Léger barley, licensed in1982, is an outstanding achievement in the production of six-row feed barley. It represents a new standard of excellence in spring barley in eastern Canada. It has consistently exhibited exceptionally high yield under a wide range of environmental conditions and resistance to lodging. Léger has the added advantage of a strong stem, which enables it to stand up well to the elements.

• Micmac is a two-row barley that is adapted to eastern Canada. It has proved to be the highest yielding and earliest maturing two-row cultivar in trials conducted in Ontario, Quebec, and the Maritime Provinces.

• Heartland barley was licensed in 1984. It is adapted to the Prairie Provinces, primarily to southern and central Saskatchewan. Heartland is a six-row cultivar that combines high yield, lodging resistance, and early maturity and has a disease resistance that is unique for barley in the prairies.

• Corn is the only cereal plant native to North America. Indigenous people and American farmers taught the early Canadian settlers how to cultivate it. Initially it was stored as silage and used primarily as a winter feed. Its high and reliable yields of digestible energy made it an economical feed for horses and beef and dairy cattle. Corn breeding and genetics began in the 1920s. Every experimental farm across the nation conducted experiments on corn adaptation and culture techniques. With the discovery of hybrid vigor in the United States, early maturing grain hybrids that

risés et isolés pour former la base de l'excellente résistance multigénique des cultivars d'avoine mis au commerce au cours des dernières années pour l'est des provinces des Prairies. Ces stocks génétiques sont également utilisés dans le cadre de programmes de recherches sur l'avoine dans de nombreuses régions du monde.

• Des travaux ont commencé en 1979 pour étudier la possibilité de mettre au point des méthodes de production de farine d'avoine de haute qualité et sans son. D'après l'observation voulant que l'hydrolyse partielle de la paroi cellulaire de l'endosperme, dans des conditions contrôlées, favorise l'amolissement de l'endosperme par trempage à l'eau, on a établi des paramètres pour mettre au point une nouvelle méthode industrielle destinée à améliorer la mouture de l'avoine et la production de farine. Des brevets canadiens et américains ont été émis pour ce procédé.

• Les sélectionneurs d'avoine ont cherché sans succès à synthétiser des cultivars d'avoine décortiquée qu'on pourrait mettre sur le marché. Tibor, un nouveau cultivar à rendement élevé, gros grains, tige résistante et précoce a été sélectionné et homologué en 1985. Des essais d'alimentation détaillés ont révélé que l'avoine Tibor est une riche source d'énergie métabolisable et de protéines. Complété par des vitamines et des minéraux, Tibor peut servir d'aliment complet de croissance pour les porcs et de composant important dans les rations pour poulets à griller. Ces résultats sont importants, car il est impossible de cultiver avec succès le maïs et le soja, composants classiques des rations alimentaires, dans toutes les régions du Canada. Si l'introduction de l'avoine Tibor est couronnée de succès, la dépendance du Canada envers le tourteau de soja et le maïs importés en sera d'autant réduite.

• La période de 1936 à 1971 a été productive pour la création dans l'ouest du Canada de nouveaux cultivars d'orge fourragère et maltière. L'année 1938 a vu la création de Plush, un cultivar productif, mais sensible à divers charbons, rouilles, ainsi qu'à des maladies de l'épi et des feuilles. Vantage, le nouveau cultivar aux caractères améliorés de tige et d'épi, et résistant à la rouille de la tige, a été créé en 1947. Keystone a pour sa part été créé en 1961 et représentait la première orge canadienne résistante au charbon, mais n'avait pas de qualité maltière. Conquest et Paragon ont été les premières orges au Canada à combiner de bonnes qualités maltières et brassicoles à la précocité et à la résistance à la maladie.

• Bonanza, homologué en 1970, demeure l'orge la plus largement cultivée dans les annales agricoles canadiennes. De 1972 à 1984, ce cultivar a représenté au moins 20 % de toute la superficie cultivée en orge dans l'ouest du Canada, et ce, pour chaque année de production. Bonanza combine une bonne qualité maltière, devenue un étalon national, avec une bonne productivité et adaptation régionale.

• La création du cultivar d'orge Kinkora remonte à 1974. C'est le seul cultivar qui résiste au chalcis des graines et qui possède une certaine tolérance aux sols acides.

• La création du cultivar d'orge à six rangs Klondike, homologué en 1976, représentait une évolution importante des orges de l'ouest du Canada en ce sens qu'il s'agissait de la première orge fourragère à surpasser d'environ 5 % le rendement des orges maltières dominantes. Klondike fournissait une solution de rechange économique aux cultivars d'orge maltière servant à l'alimentation du bétail.

• Norbert est un cultivar d'orge à deux rangs créé pour l'est des Prairies canadiennes et homologué en 1980. Il résiste à la rouille de la tige et à la rayure réticulée, mais tolère le virus du nanisme jaune. Il possède un gros avantage de rendement dans cette région où les sols sont lourds et l'humidité abondante. Norbert affiche plusieurs avantages agronomiques, soit de gros grains rebondis, une tige très résistante et une qualité maltière égale ou supérieure aux cultivars à deux rangs actuels.

• Leduc, orge fourragère à six rangs homologuée en 1981, demeure l'un des meilleurs cultivars fourragers dans l'ouest du Canada. Il a été créé grâce aux recherches génétiques sur l'orge et affiche une résistance améliorée aux maladies et un rendement comparable à d'autres sélections contemporaines.

• L'orge de printemps Diamond a été homologuée en 1982. C'est un cultivar d'orge fourragère à six rangs qui s'est avéré plus productif au cours d'essais que tout autre cultivar de son groupe de précocité. Il a surpassé Bonanza de 16 % et est plus précoce que Johnston ou Galt. Il a une tige plus robuste et résiste mieux à la verse que Bonanza et Johnston. Il résiste également à la rouille de la tige, à la rayure réticulée et aux charbons externes. À cause de ses caractères agronomiques supérieurs, Diamond a remplacé Klondike et Johnston comme cultivar étalon, productif et précoce au cours des essais coopératifs d'orges à six rangs de 1983 et 1984.

• Le programme de sélection de l'orge en Ontario a débouché sur la création de plusieurs cultivars fourragers, notamment Vanier et Massey. Ce sont des cultivars à six rangs à hauts rendements et résistants au charbon, au blanc et à la tache pâle.

• L'orge Léger, homologuée en 1982, constitue une réalisation spectaculaire dans la production d'orge fourragère à six rangs. Elle représente une nouvelle norme d'excellence pour l'orge de printemps dans l'est du Canada. Elle a constamment affiché un rendement exceptionnel dans un large éventail de conditions environnementales et une bonne résistance à la verse. Léger a l'avantage additionnel de posséder une tige robuste, ce qui lui permet de bien résister aux éléments.

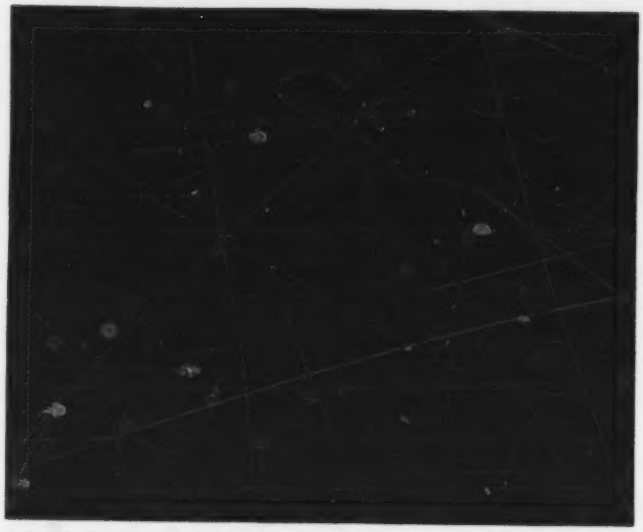
• Micmac est un cultivar d'orge à deux rangs adapté à l'est du Canada. Il s'est avéré le cultivar d'orge à deux rangs le plus productif et précoce au cours d'essais effectués en Ontario, au Québec et dans les provinces Maritimes.

• L'orge Heartland a été homologuée en 1984. Elle est adaptée aux provinces des Prairies, principalement dans le sud et le centre de la Saskatchewan. Heartland est un cultivar à six rangs qui combine les qualités de rendement élevé, de résistance à la verse et de précocité, en plus d'afficher une résistance exceptionnelle aux maladies pour l'orge dans les Prairies.

• Le maïs est la seule céréale indigène à l'Amérique du Nord. Les Amérindiens et les agriculteurs américains ont enseigné aux premiers colons canadiens comment le cultiver. Dans le passé, le maïs était conservé sous forme d'ensilage et utilisé principalement comme aliment d'hiver. Son rendement élevé et fiable d'énergie digestible en faisait un aliment économique pour les chevaux, ainsi que les bovins laitiers et de boucherie. L'amélioration génétique du maïs remonte aux années 20. Chaque ferme expérimentale au pays menait des expériences sur l'adaptation et les techniques de culture du maïs. Grâce à la découverte de la vigueur hybride aux États-Unis, les hybrides précoces conférant à l'agriculteur la souplesse nécessaire pour récolter, soit du grain, soit du fourrage, sont devenus l'objectif principal. De bons hybrides commerciaux ont été créés à la fin des années 40, ce qui a donné naissance au secteur canadien du maïs de semence et a favorisé la dissémination du maïs grain en Ontario et au Québec. Les premiers hybrides mis au

allowed the farmer the flexibility of harvesting either grain or forage became a major goal. Successful commercial hybrids were created in the late 1940s, and their development led to the Canadian seed corn industry and the spread of grain corn across Ontario and Quebec. The first hybrids released were double crosses (four parental inbreds), which were handled more easily in seed production fields. Single three-way and modified crosses are now used because of improved inbred lines. They are higher yielding than the double crosses.

• Significant inbred lines have been developed in all corn-breeding programs. They have had a great impact both nationally and internationally (the United States and Europe). High yielding ability has been combined with rapid dry down, improved stalk and root quality, insect and pest resistance, and reduced maturity, all of which are major objectives. The goal for 1990 is the production of corn hybrids with the same maturity as wheat. As a result of increases in crop area, grain corn has become the most important cereal in Quebec and Ontario. It is now grown in every province in Canada except Newfoundland. The success of corn is a dramatic example of the application of multidisciplinary research, which has led to the adaptation of a tropical species to a temperate climatic zone.



A head of corn infected with covered smut.

Épi de maïs infecté par le charbon couvert.

Oilseeds

• A major breakthrough in improving the quality of rapeseed oil and meal was the identification and development of plants with a low content of both erucic acid and glucosinolate. Those cultivars are now called canola. In addition, fast and accurate methods for detecting erucic acid and glucosinolate were developed for the industry. The two most widely grown canola cultivars, Tobin and Westar, currently occupy approximately 90% of the area in Canada seeded to canola. They are characterized by improved quality; significantly higher yields of seed, oil, and protein; early maturity; and good disease resistance. Improved cultivars and effective production and protection practices have been the key to canola's success. Canola is now Canada's major domestic source of edible oil and its second most valuable grain crop. On 28 January 1985, the U.S. Food and Drug Administration approved canola oil for general use in food in the United States.

• As a result of cooperative research by Agriculture Canada and Canadian universities, canola has become a major source of dietary oil and protein for livestock. One of the first feeding trials of the experimental rapeseed cultivar Bronowski, which is low in glucosinolate, demonstrated that rapeseed meal with a low content of glucosinolate has increased potential as feed for growing turkeys. Furthermore, evidence was obtained to show that rapeseed gums from the oil refining process could be blended safely with the meal. Trials have shown canola meal, which is low in both glucosinolate and erucic acid, to be equal to other protein sources in nutritional value and in promoting growth of poultry.

• Procedures for inducing high-frequency shoot-bud formation and plant regeneration have been optimized for several cultivars of canola and oriental mustard. Methodology for protoplast culture and plant regeneration was developed for both species. Techniques of culturing tissues, cells, and protoplasts of *Brassica* species have been used in studies on somatic hybridization, mutant isolation, and genetic transformation.

• Eight short-season soybean cultivars have been developed, beginning with Mandarin (Ottawa) in 1934 and culminating with Merit in 1959. Mandarin (Ottawa), Capital, and Merit were grown widely in Canada and the northern United States and have been used extensively as the parents of more recent cultivars.

• Harosoy became the most important soybean cultivar in Canada, occupying 75% of the crop area in Ontario and 15% in the United States in 1959. Harosoy 63, a backcross strain resistant to phytophthora root rot, was released in 1963 in response to considerable losses in Ontario resulting from that disease. Harwood, another cultivar, opened up the Japanese market to Canadian soybeans.

• Maple Arrow, licensed in 1976, has become the most important short-season soybean cultivar in Canada. It has helped to reduce significantly the importation of soybeans and soybean products. Maple Presto, released in 1979, is the earliest maturing cultivar in North America. It is characterized by insensitivity to long photoperiods, an indeterminate growth habit, an excellent seed oil content, and resistance to lodging and shattering.

• Two soybean cultivars, Nattawa and Canatto, were released in 1981 and 1985 to meet the need for a small-seeded soybean required in Japan for the production of the fermented soybean food, natto. The small seed size was obtained by crossing standard cultivars with a wild soybean.

• Results of studies have shown that biocides can be compatible with the rhizobial inoculation of legumes. Results of 2 years of field experiments with soybeans showed that seed-applied fungicides (captan, thiram, carbathiin); preplant incorporated herbicides (chloramben, linuron, trifluralin); and one postemergence herbicide (diclofop) did not interfere with nodulation or nitrogen fixation of rhizobia when the biocides were applied at rates registered.

• Research begun in 1941 on sunflower agronomy and breeding has led to the establishment of this crop on a commercial scale and to the development of the world's first F_1 hybrid sunflower cultivar, Advance.

Corn hybrid production at the Central Experimental Farm, 1952.

Production de maïs hybride à la Ferme expérimentale centrale, en 1952.

commerce étaient des hybrides doubles (quatre lignées parentales autofécondées), qui étaient plus faciles à utiliser dans les parcelles de production de semence. Des croisements simples à trois voies et modifiés sont actuellement utilisés à cause de l'amélioration des lignées autofécondées. Ils produisent davantage que des hybrides doubles.

• Des lignées autofécondées importantes ont été créées dans le cadre de tous les programmes de sélection du maïs. Elles ont eu de fortes répercussions à l'échelle nationale et internationale (États-Unis et Europe). La forte capacité de rendement a été combinée à un assèchement rapide, à l'amélioration de la qualité de la tige et des racines, à la résistance aux insectes et aux parasites et à une plus grande précocité, tous considérés comme des objectifs importants. L'objectif pour 1990 consiste à produire des hybrides de la même précocité que le maïs. Par suite de l'augmentation des superficies cultivées en maïs, le maïs grain est devenu la plus importante céréale au Québec et en Ontario. Il est maintenant cultivé dans toutes les provinces canadiennes, sauf Terre-Neuve. Le succès du maïs est un exemple frappant de l'application de la recherche pluridisciplinaire qui a donné lieu à l'adaptation d'une espèce tropicale à une zone climatique tempérée.

Oléagineux

• Une percée importante dans l'amélioration de la qualité de l'huile et du tourteau de colza a été l'identification et la mise au point de plants à faible teneur en acide érucique et en glucosinolates. Ces cultivars sont maintenant appelés Canola. En outre, des méthodes rapides et précises de détection de la teneur en acide érucique et en glucosinolates ont été mises au point au profit du secteur de la trituration. Les deux cultivars de colza Canola les plus répandus, Tobin et Westar, occupent actuellement près de 90 % de la superficie semée en colza Canola au Canada. Ils se caractérisent par une qualité améliorée, un rendement beaucoup plus élevé de graines, d'huile et de protéines, la précocité et une bonne résistance aux maladies. L'amélioration des cultivars, ainsi que des pratiques efficaces de production et de protection, ont été la clé du succès du colza Canola. Celui-ci est actuellement la principale source intérieure d'huile comestible et la seconde culture en valeur marchande au pays. Le 28 janvier 1985, l'*U.S. Food and Drug Administration* approuvait l'huile de colza Canola aux fins d'utilisation générale dans les aliments aux États-Unis.

• Grâce aux recherches coopératives menées par Agriculture Canada et les universités canadiennes, le colza Canola est devenu une source importante d'huile et de protéines alimentaires pour le bétail. L'un des premiers essais d'alimentation avec le cultivar expérimental de colza Bronowski à faible teneur en glucosinolates a révélé que le tourteau de colza pauvre en glucosinolates possède un potentiel accru pour l'alimentation des dindons en croissance. En outre, il est prouvé que les gommes du colza issues du raffinage de l'huile pourraient être mélangées au tourteau sans risque pour les animaux. Des essais ont révélé que le tourteau de colza Canola à faibles teneurs en acide érucique et en glucosinolates, se comparait à d'autres sources de protéines au chapitre de la valeur nutritive et comme stimulant de croissance pour la volaille.

• Des méthodes ont été perfectionnées pour l'induction de la formation rapide de bourgeons et de la régénération chez plusieurs cultivars de colza Canola et de moutarde joncée. Une méthodologie de culture de protoplastes et de régénération a été mise au point pour les deux espèces. Des techniques de culture de tissus, de cellules et de protoplastes d'espèces de *Brassica* ont été utilisées dans des études sur l'hybridation somatique, l'isolement de mutants et la transformation génétique.

• Huit cultivars de soja précoce ont été créés, à commencer par Mandarin (Ottawa) en 1934 pour terminer par Merit en 1959. Mandarin (Ottawa), Capital et Merit ont été largement cultivés au Canada et dans le nord des États-Unis et ont été abondamment utilisés comme les parents de cultivars plus récents.

• Harosoy est devenu le cultivar de soja le plus important au Canada avec 75 % des superficies en soja en Ontario et 15 % aux États-Unis en 1959. Harosoy 63, lignée de rétrocroisement résistante au mildiou du pied, a été mise au commerce en 1963 pour résoudre le problème des pertes considérables résultant de cette maladie en Ontario. Harwood, un autre cultivar, a ouvert le marché japonais au soja canadien.

• Maple Arrow, homologué en 1976, est devenu le cultivar de soja précoce le plus important au Canada. Il a aidé à réduire considérablement l'importation de soja et de produits de soja. Maple Presto, mis au marché en 1979, est le cultivar le plus précoce en Amérique du Nord. Il se caractérise par son indifférence aux longues photopériodes, une inflorescence indéterminée, une excellente teneur en huile de la graine et une résistance à la verse et à l'égrenage.

• Deux cultivars de soja, Nattawa et Canatto, ont été mis au commerce en 1981 et 1985 pour satisfaire les besoins d'un soja à petites graines demandé par le Japon pour la production d'un aliment à base de soja fermenté, le natto. La petite graine a été obtenue par croisement de cultivars courants avec un soja sauvage.

• Les résultats d'études ont révélé que certains biocides sont compatibles avec l'inoculation rhizobienne de légumineuses. Les résultats de 2 ans d'expériences en plein champ sur le soja ont révélé que les fongicides en traitement de semence (captane, thirame, carbathiine), les herbicides en pré-semis (chlorambène, linuron, trifluraline) et un herbicide de post-levée (diclofop) ne nuisaient pas

• The flax cultivar NorMan combines high seed yield with medium-early maturity and a high quantity of fair-quality oil. This cultivar is immune to rust because of specific resistance conditioned by one or two genes. NorMan is best adapted to the Black and Brown soil zones of the prairies.

• Recent studies have shown that brown or oriental mustard could be developed as an important oilseed crop. It is more drought tolerant and higher yielding than current rapeseed cultivars. Low erucic acid has been bred into some strains of this crop. Treating mustard meal with ammonia during the extraction process reduces the glucosinolate content to a level similar to that of canola meal. Feeding trials have shown that treated mustard meal is comparable to combinations of canola and soybean meal in terms of animal growth and feed efficiency.

A field of canola in Alberta.

Champ de colza Canola en Alberta.

Forages

• Breeding objectives for alfalfa have included increased yield, nitrogen fixation, and resistance to yield-retarding diseases such as bacterial wilt, phytophthora root rot, and verticillium wilt. In the eastern temperate areas, new cultivars such as Angus, Algonquin, Apica, and Olinda have been bred to improve yield and persistence. Angus, Algonquin, and Apica have resistance to bacterial wilt and Olinda has added resistance to phytophthora. In the prairies, cultivars require resistance to drought. New cultivars with improved drought resistance include Rambler, Roamer, Drylander, Kane, and Trek. The release of the cultivar Beaver in 1961 signaled an important milestone for alfalfa production in the colder parts of Canada. In this cultivar the high level of winterhardiness required for survival of the crop was combined with resistance to bacterial wilt.

• Starting in 1970, a program was initiated to develop a bloat-safe alfalfa. To date, the causes of bloat have been identified and the breeding program is now well advanced toward the development of bloat-safe alfalfa cultivars.

• Since verticillium wilt of alfalfa became established in North America in 1976, it has seriously affected production of the crop in many parts of Canada. Investigations have shown that the disease can be transmitted by insects and have provided the first record that the pea aphid can transmit a fungal pathogen. Thirteen species commonly found as pests, pollinators, or naturally occurring biological control agents in alfalfa fields were found to disperse the fungus, including the alfalfa weevil and the leafcutter bee. Insect activity may be an important factor for the rapid spread of verticillium wilt once it becomes established in an area.

• The development and improvement of the loose-cell system of management for the alfalfa leafcutter bee from the 1950s to date has resulted in a steady expansion of the alfalfa seed and leafcutter bee industries in Canada. The area devoted to seed production has increased substantially. Alfalfa seed supplies are now the highest in 30 years and almost meet the total Canadian market requirement. The high quality of bees produced from this system has made Canada the world's leading exporter of this valuable pollinator.

• The occurrence of mid-winter thaws was identified as one of the most critical factors influencing winter survival of perennial crops and winter cereals in the Atlantic region. The resistance of plants to mid-winter thaws was explained by the physiological functions of phlein, a highly polymerized B-2-6-linked fructan, which accumulates in timothy, fall rye, and other hardy grass species. A high correlation of the chain length of phlein with the stress resistance was found, and a new enzyme that catalyses synthesis of phlein, called phlein sucrase, was isolated.

A spore-producing body from the overwintering stage of the fungus *Sclerotinia sclerotiorum*, which causes stem rot in canola.

Organe sporulant au stade d'hivernation du champignon *Sclerotinia sclerotiorum*, responsable de la pourriture de la tige du colza Canola.

• In the eastern prairies, sweetclover is widely grown for hay or silage, and such cultivars as Erector, Brandon, Dwarf, and Yukon have been developed with improved yield and quality. In the Atlantic Provinces new varieties that are superior in forage yield and winterhardiness include Prosper I, Florex, Tristan, Violetta, and Arlington.

à la nodulation ni à la fixation d'azote par les rhizobiums lorsque les biocides étaient appliqués aux doses recommandées.

• La recherche a commencé en 1941 sur les caractères agronomiques du tournesol et la sélection a donné lieu à l'établissement de cette culture à l'échelle commerciale et à la création du premier cultivar mondial de tournesol hybride F_1, Advance.

• Le cultivar de lin NorMan combine un rendement grainier élevé à une précocité hâtive à moyenne et à une forte teneur en huile de qualité passable. Ce cultivar est immun à la rouille à cause d'une résistance spécifique commandée par un ou deux gènes. NorMan est mieux adapté aux zones de sols noirs et bruns des Prairies.

• De récentes études ont révélé que la moutarde brune ou joncée pouvait devenir une culture oléagineuse importante. Elle est plus tolérante à la sécheresse et plus productive que les cultivars de colza actuels. La faible teneur en acide érucique a été introduite génétiquement dans les mêmes lignées de cette culture. Le traitement du tourteau de moutarde à l'ammoniac pendant le processus d'extraction réduit la teneur en glucosinolates à un niveau semblable à celui du tourteau de colza Canola. Des essais d'alimentation ont révélé que le tourteau de moutarde traité se compare à des combinaisons de tourteau de colza Canola et de soja en termes de croissance animale et d'indice de consommation.

Fourrages

• Les objectifs de sélection de la luzerne comprenaient l'augmentation de rendement, la fixation d'azote et la résistance à des maladies nuisibles au rendement comme la bactériose annulaire, le pourridié phytophthoréen et la flétrissure verticillienne. Dans les régions tempérées de l'Est, de nouveaux cultivars comme Angus, Algonquin, Apica et Olinda ont été sélectionnés pour améliorer le rendement et la persistance. Angus, Algonquin et Apica résistent à la bactériose annulaire, et Olinda possède une résistance accrue au pourridié. Dans les Prairies, les cultivars doivent pouvoir résister à la sécheresse. Les nouveaux cultivars Rambler, Roamer, Drylander, Kane et Trek possèdent justement une meilleure résistance à la sécheresse. La mise au marché du cultivar Beaver en 1961 a marqué un point tournant important pour la production de luzerne dans les parties plus froides du Canada. Chez ce cultivar, on a combiné la résistance à la bactériose au niveau élevé de rusticité requis pour la survie de la culture.

• Un programme a été mis sur pied en 1970 pour créer une luzerne non météorisante. Jusqu'à maintenant, les causes de la météorisation ont été identifiées et le programme d'amélioration va bon train dans le sens de la création de cultivars non météorisants.

• Depuis que la flétrissure verticillienne de la luzerne s'est établie en Amérique du Nord en 1976, elle a gravement touché cette production végétale dans de nombreuses régions du Canada. Des études ont révélé que la maladie peut se transmettre par des insectes et ont produit la première preuve voulant que le puceron du pois puisse transmettre un cryptogame pathogène. On a constaté que treize espèces de parasites, de pollinisateurs ou d'agents de lutte biologique naturels rencontrés couramment dans les luzernières dispersaient le champignon, y compris le charançon de la luzerne et la mégachile. L'activité des insectes peut s'avérer un facteur important dans la dissémination rapide de la flétrissure verticillienne, une fois qu'elle est établie dans une région.

• La mise au point et l'amélioration du système d'élevage à cellules libres pour la mégachile, des années 50 jusqu'à maintenant, a entraîné une expansion soutenue des secteurs de la production de semences de luzerne et de mégachiles au Canada. Les superficies affectées à la production de semences se sont accrues substantiellement. Les disponibilités de semences de luzerne sont actuellement les plus élevées depuis 30 ans et satisfont presque entièrement les besoins totaux du marché canadien. La grande qualité des mégachiles produites par ce système a fait du Canada le premier exportateur mondial de ce précieux pollinisateur.

• La fréquence des dégels au milieu de l'hiver a été identifiée comme l'un des facteurs les plus déterminants dans la survie à l'hiver de cultures vivaces et de céréales d'hiver dans la région de l'Atlantique. La résistance des plantes aux dégels du milieu de l'hiver s'explique par les fonctions physiologiques de la phléine, fructane à liaisons B-2-6 hautement polymérisé, qui s'accumule dans la phléole, le seigle d'automne et d'autres espèces de graminées rustiques. On a constaté une forte corrélation entre la longueur de la chaîne de phléine et la résistance au stress, et on a isolé une nouvelle enzyme qui catalyse la synthèse de la phléine, soit la phléine sucrase.

• Dans l'est des Prairies, le mélilot est largement cultivé pour le foin ou l'ensilage, et des cultivars comme Erector, Brandon, Dwarf et Yukon à rendement et qualité améliorés ont été créés. Dans les provinces de l'Atlantique, les nouvelles variétés supérieures en rendement fourrager et en rusticité comprennent Prosper I, Florex, Tristan, Violetta et Arlington.

• Le milieu des années 30 a marqué le début des travaux de sélection de cultivars de mélilot à faible teneur en coumarine. Ces cultivars étaient nécessaires pour remédier au problème de la maladie du mélilot gâté qui survient souvent lorsque des bovins sont nourris de foin et d'ensilage de mélilot mal fané. Un cultivar à faible teneur en coumarine, Cumino, a été homologué en 1957, suivi par Polara en 1970, et par un cultivar de beaucoup amélioré en 1980, Norgold, soit le premier cultivar mondial de mélilot à fleurs jaunes et à faible teneur en coumarine.

• Les trèfles rouge et d'Alsike sont cultivés dans les régions où l'humidité est suffisante, mais où le drainage laisse à désirer pour la culture de la luzerne. Les cultivars Ottawa et Bytown ont été sélectionnés pour l'est du Canada, alors que Norlac l'a été pour les régions de l'ouest des Prairies. Le trèfle d'Alsike est utilisé en mélanges et aux fins d'exportation. Les cultivars Aurora et Dawn visent la production d'une semence homologuée de haute qualité.

• La sélection du trèfle blanc pour la résistance au froid a été l'aboutissement du premier programme de recherches canadien sur la survie à l'hiver de cette plante en 1946. Le programme a révélé que la phyllodie, maladie observée sur le trèfle blanc, est l'une des raisons qui expliquent la faible résistance au froid de la plante. Le programme a également révélé que cette maladie est transmise par des insectes.

• La phléole est la plus importante espèce de graminées cultivée dans les régions tempérées où les conditions d'humidité sont suffisantes. La première variété largement acceptée, Climax, a été homologuée en 1949. Elle est devenue une excellente valeur sur les marchés internationaux. Bounty, cultivar de phléole tardif, a été créé pour les régions du Canada où il n'est possible de faire qu'une seule coupe. Salvo, cultivar précoce, a été créé pour jouer le rôle de plante-abri dans les peuplements de luzerne-graminée servant de cultures de fauche et de pâturage.

• In the mid 1930s work began on the selection of sweetclover cultivars with a low coumarin content. These were needed to overcome sweetclover bleeding disease, which often occurred when cattle were fed improperly cured sweetclover hay or silage. A low-coumarin cultivar, Cumino, was licensed in 1957, followed by Polara in 1970, culminating in 1980 with a much improved cultivar, Norgold, the world's first low-coumarin, yellow-flowered sweetclover.

• Red and alsike clovers are grown in areas of sufficient moisture but inadequate drainage for alfalfa. The cultivars Ottawa and Bytown were bred for eastern Canada, whereas Norlac was bred for western prairie regions. Alsike clover is used in mixtures and for export. The cultivars Aurora and Dawn were bred to provide high-quality licensed seed.

• Breeding white clover for cold resistance completed the first Canadian research program on the winter survival of this plant in 1946. The program showed that phyllody, a disease observed in white clover, is one of the reasons for the low cold resistance of the plant. The program also revealed that phyllody is carried by insects.

• Timothy is the most important species of grass grown in temperate areas where adequate moisture conditions prevail. The first widely accepted variety, Climax, was licensed in 1949. It became a major force in international markets. Bounty, a late maturing timothy, was developed for the regions of Canada where only one cut was practical. Salvo, an early cultivar, was developed as a component of alfalfa–grass swards for both hay and pasture.

• Feeding trials with lactating Holsteins were carried out comparing timothy haylage (produced from four cultivars of varying maturity and cut at 1-week intervals at the heading stage) with silage corn mixed with urea. The cultivars used in this experiment were Clair, Champ, Climax, and Bounty. Results of this research indicate that for milk production, timothy silage is equal to corn silage when fed to dairy cows as the only forage.

• Bromegrass was introduced to Canada from Russia at the inception of the Experimental Farms System, and by 1949 it was considered to be the most important cultivated grass in western Canada. Bromegrass species have been used in hay mixtures in both eastern and western Canada. For the drier western regions the cultivars Carlton, Magna, and Signal were licensed, whereas the disease-resistant Redpatch and the high-yielding Tempo cultivars were bred in eastern Canada.

• Orchardgrass is an aggressive species used in hay mixtures and as pasture. The cultivars licensed by the Research Branch include Chinook and Sumas, based in western Canada, and Rideau, Kay, and Juno, which were bred for the temperate climatic conditions of eastern Canada. Kay orchardgrass was a breakthrough in winterhardiness and led to the expansion of this valuable grass to the northern and western regions of Quebec, Ontario, and Manitoba.

• Many drought-resistant species of grasses have been bred for the western prairie region. These include cultivars of Russian wild ryegrass—Sowki, Mayah, Eabree, and Swift. Crested wheatgrass has been used for hay and pasture in dryland areas. Fairway was used extensively in seeding down thousands of hectares of drifting soil during the late thirties and early forties. It still constitutes 35% of the area seeded to crested wheatgrass. Summit and Parkway are improved cultivars that were licensed subsequently.

• Surveys have shown that the selenium content of forages and cereals produced in the Atlantic region is inadequate. Seeds treated with selenium and foliar spray of selenium can be used on forages and cereals to prevent selenium deficiency in livestock.

• The development of a European hay-drying system that is adaptable to conditions in western Canada has been under way since 1970. The system permits field chopping of hay that has a moisture content as high as 35–45%, placing it in a mechanized structure, and drying it to 20% moisture, resulting in hay of excellent quality and with minimum leaf loss during harvesting and storing.

• An efficient technique for building stack silos under a plastic cover has been developed. The technique responds to producers' needs in outlying areas of Quebec, where climatic conditions are unsuitable for harvesting and storing high-quality forage. Farmers who use the new technique can store forage of high nutritional quality and can overcome problems of silage removal commonly associated with conventional horizontal silos in the winter.

Field crops

• Tobacco research has evolved from a production-oriented program to a multidisciplinary effort directed toward the economic production of the high-quality tobacco required for both export and domestic markets. Crop figures indicate that the new cultivars with a low tar-to-nicotine ratio released over the past few years (Delgold, Newdel, Nordel, and Candel) now occupy more than 90% of our tobacco crop area. Advances in pesticide research have resulted in the reduction of total pesticide residue levels in Canadian tobacco from 6.66 parts per million in 1972 to 0.96 parts per million in the 1980 crop.

• Achievements in the area of flue-cured tobacco include improved cultural practices that obtain maximum yield, quality, and financial return. Important achievements include the development of a small kiln for curing small lots of flue-cured tobacco in a completely controlled environment and the discovery that iron toxicity was the primary cause of the spotted-type gray flue-cured tobacco. It was also found that the gray effect could be completely eliminated by using a combination of lime and humus.

• Studies have shown that regardless of topping height, topping tobacco when the flower bud is elongating rapidly (stretch-bud stage), compared with either first flower or full flower, results in a significant increase in yield. The total percentage of alkaloid also increases when topping takes place at the stretch-bud stage, although little change in physical quality occurs.

• Important developments in tobacco used in making cigars include the mechanization of harvesting and rack curing of stalk-cut air-cured tobacco, and the development of a revolutionary rack wagon for transporting filler tobacco from field to curing barn.

• Broadcast applications of nitrogen, phosphorus, and potassium did not affect yields of green peas in experiments conducted at nine locations over a period of 3 years. Thus, this important food crop can now be produced with less energy input than before.

• Releases of field bean cultivars have included Seafarer in 1967, which occupies 60% of the bean-growing area in Ontario, medium-early Kentwood, and late-season Fleetwood, which outyields Seafarer by 23%. Other cultivars, such as Harokent, Harofleet, OAC Seaforth, and OAC Rico, carry multirace resistance to anthracnose

• Des essais d'alimentation sur des vaches Holstein en lactation ont été effectués pour comparer du foin demi-sec de phléole (produit à partir de quatre cultivars de précocité différente et fauché à une semaine d'intervalle au stade de l'épiaison) avec du maïs d'ensilage mélangé à de l'urée. Les cultivars utilisés dans cette expérience ont été Clair, Champ, Climax et Bounty. Les résultats de ces recherches révèlent que pour la production laitière, l'ensilage de phléole équivaut à l'ensilage de maïs lorsque c'est le seul fourrage servi aux vaches laitières.

• Le brome a été introduit au Canada depuis la Russie lors de l'établissement du système des fermes expérimentales, et en 1949, était considéré comme la plus importante graminée cultivée dans l'ouest du Canada. Les espèces de brome ont été utilisées en mélanges pour prairies de fauche, tant dans l'est que dans l'ouest du pays. Pour les régions plus sèches de l'Ouest, les cultivars Carlton, Magna et Signal ont été homologués, alors que les cultivars Redpatch résistant aux maladies et Tempo très productif ont été sélectionnés pour l'est du Canada.

• Le dactyle pelotonné est une plante vigoureuse utilisée en mélanges à foin et comme espèce à pâturage. Les cultivars homologués par la Direction générale de la recherche comprennent Chinook et Sumas pour l'ouest du Canada, ainsi que Rideau, Kay et Juno qui ont été sélectionnés en fonction des conditions climatiques tempérées de l'est du pays. Le dactyle Kay a représenté une percée en matière de rusticité et a entraîné l'extension de cette précieuse graminée aux régions du nord et de l'ouest du Québec, de l'Ontario et du Manitoba.

• Beaucoup d'espèces de graminées résistantes à la sécheresse ont été sélectionnées pour les régions de l'ouest des Prairies canadiennes, entre autres les cultivars d'élyme de Russie Sowki, Mayah, Eabree et Swift. L'agropyre à crête a servi de foin et de pâture dans les régions d'aridoculture. Fairway a été utilisé en abondance pour ensemencer des milliers d'hectares de sols emportés par le vent à la fin des années 30 et au début des années 40. Il constitue encore 35 % des superficies ensemencées en agropyre à crête. Summit et Parkway sont des cultivars améliorés qui ont été homologués subséquemment.

• Des études ont révélé que la teneur en sélénium des fourrages et des céréales produites dans la région de l'Atlantique est insuffisante. Le traitement des semences au sélénium et la pulvérisation foliaire de sélénium peuvent servir pour les plantes fourragères et les céréales à prévenir une carence en sélénium chez le bétail.

• La mise au point d'un système européen de séchage du foin adaptable aux conditions qui existent dans l'ouest du Canada est en cours depuis 1970. Le système permet de hacher le foin au champ (degré d'humidité de 35 à 45 %), de le placer dans un dispositif mécanisé et de le sécher jusqu'à 20 % d'humidité, ce qui donne un foin d'excellente qualité moyennant une perte de feuilles minimale au cours de la récolte et du stockage.

• Une technique efficiente de construction de silos-meules sous bâche plastique a été mise au point. Elle répond à un besoin des producteurs des régions éloignées du Québec où les conditions climatiques ne se prêtent pas à la récolte et au stockage de fourrage de haute qualité. Les agriculteurs qui utilisent la nouvelle technique peuvent entreposer du fourrage de haute qualité nutritive et peuvent surmonter les problèmes de désilage inhérents aux silos horizontaux classiques en hiver.

Grandes cultures

• Les recherches sur le tabac ont évolué à partir d'un programme axé sur la production vers des projets pluridisciplinaires axés sur la production économique de tabac de haute qualité requis pour les marchés d'exportation et intérieurs. Les statistiques de récolte révèlent que les nouveaux cultivars affichant un faible rapport goudron/nicotine, mis au commerce au cours des dernières années (Delgold, Newdel, Nordel et Candel), occupent maintenant plus de 90 % de nos superficies cultivées en tabac. Les progrès de la recherche sur les pesticides ont permis de réduire de 6,66 ppm en 1972 à 0,96 ppm en 1980 les concentrations totales de résidus de pesticides dans le tabac canadien.

• Les réalisations survenues dans le domaine du tabac jaune comprennent l'amélioration des pratiques culturales permettant d'obtenir un maximum de rendement, de qualité et de revenu. Les réalisations importantes comprennent la mise au point d'un petit séchoir pour de petits lots de tabac jaune en ambiance parfaitement contrôlée et la découverte voulant que la toxicité du fer soit la cause principale de la maladie du tabac jaune appelée tabac gris. On a également constaté qu'il était possible d'éliminer complètement le gris par l'utilisation d'un mélange de chaux et d'humus.

• Des études ont révélé que peu importe la hauteur d'écimage, l'étêtage du tabac lorsque le bouton est au stade d'élongation rapide (étirement), par rapport au stade des premières fleurs ou de la pleine floraison, entraîne une augmentation sensible de rendement. La teneur totale en alcaloïde augmente également lorsque l'écimage a lieu au stade de l'étirement du bouton en dépit d'une légère modification de la qualité physique du tabac.

• Les innovations importantes dans le domaine du tabac à cigare comprennent la mécanisation de la récolte, l'embrochage sur les dents d'un peigne des feuilles de tabac séchées à l'air et la mise au point d'une remorque révolutionnaire pour transporter le tabac à tripe du champ au séchoir.

• Les épandages en pleine surface d'azote, de phosphore et de potassium n'influent pas sur le rendement des pois verts dans des expériences menées à neuf endroits pendant 3 ans. Il est donc maintenant possible de produire cette importante culture vivrière moyennant un apport d'énergie moindre qu'auparavant.

• Parmi les mises au commerce de cultivars de haricots secs, citons Seafarer en 1967 qui occupe actuellement 60 % des superficies en haricots de l'Ontario, Kentwood de mi-saison, et Fleetwood tardif qui dépasse de 23 % les rendements de Seafarer. D'autres cultivars comme Harokent, Harofleet, OAC Seaforth et OAC Rico affichent une résistance à plusieurs races de l'anthracnose et du virus de la mosaïque commune du haricot, réduisant ainsi d'environ 2 millions de dollars les possibilités de pertes annuelles de récolte.

Légumes

• Les chercheurs de la Direction générale ont créé plusieurs nouveaux cultivars de pomme de terre importants. Par exemple, Keswick qui résiste au mildiou a été introduit au début des années 50 pour rapidement devenir par la suite un cultivar de premier plan, tant pour le potager que pour le commerce. Jemseg, cultivar précoce, a été introduit au cours des années 70. Yukon Gold a été le premier cultivar canadien à chair jaune; son apparence excellente et son goût distinctif l'ont fait accepter par le secteur de la transforma-

and bean common mosaic virus, reducing the potential for an annual crop loss of about $2 million.

Vegetables

- Branch scientists have developed several new potato cultivars of significance. Keswick, incorporating late blight resistance, was introduced in the early 1950s and quickly became a leading home and commercial cultivar. Jemseg, an early cultivar, was introduced in the 1970s. Yukon Gold was Canada's first yellow-fleshed cultivar; its excellent appearance and distinctive flavor have made it acceptable to both industry and consumers. Shepody, introduced in 1981, has been widely endorsed in terms of area seeded; it has become the choice of processors and many growers because it is suitable for making French fries. Numerous other potato cultivars have been introduced, including a number with resistance to certain local diseases, specifically for Newfoundland.

- Potato production in Canada is still threatened by bacterial ring rot, even though measures to eradicate the disease have been enforced for almost 50 years. Research has shown that the organism responsible for the disease is destroyed in a few hours of contact with moist soil, but is able to persist for more than 5 years in dry potato stems and for at least 18 months on burlap and other surfaces. The use of enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) now permits rapid detection of the bacterium, and the recent production by branch scientists of monoclonal antibodies shows promise of certain identification in the near future.

- Potato late blight necessitates chemical control. To reduce spraying, a forecast program was developed, over a 15-year period, that uses data collected from weather stations in conjunction with disease status reports, providing daily forecasts and spray recommendations.

- Research has shown that there are at least four pathotypes of the potato wart disease fungus occurring in Newfoundland soils. Mirton Pearl, developed by branch scientists, is resistant to all these pathotypes. The growing of a resistant cultivar reduces the population of the organism in infested soil and could eventually lead to the eradication of this pest.

- Developmental work on the use of ELISA for potato virus diagnosis has resulted in the establishment of advanced diagnostic laboratories to support the seed potato industry. These laboratories permit the seed industry to meet the high phytosanitary standards of the international market.

- In the early 1940s researchers emphasized the development of new, dwarf cultivars of vegetables for the prairies. Even though few dwarf vegetables were available for breeding, by the end of the decade selection for extreme dwarfness in tomato plants was achieved, and plants 30–35 centimetres in diameter, and with good fruit size, were produced. The breeding of a plant type that has the characteristics of extreme dwarfness, earliness, and wind resistance, thus making it suitable for the prairie region, was later extended to other vegetables such as peas, beans, cucumbers, and squash.

- The vegetable research program in Ontario in the 1940s included breeding disease-resistant tomato cultivars suitable for specific growing areas. The program resulted in the development of Harrow, a superior tomato released in 1951. Harrow was an early cultivar that had consistently high yields and was free from cracking. The program included studies on a number of tomato cultivars that were required for various uses. The characteristics examined included earliness, size, firmness, an absence of cracking, vitamin C content, color, and resistance to diseases such as verticillium wilt, fusarium wilt, mosaic virus, and bacterial canker. Based on these selection criteria, a large number of other new cultivars with desirable characteristics have been developed more recently.

- The first scheme to classify pathotypes of the causal agent of clubroot disease of crucifers was developed in the 1950s. Breeding rutabagas resistant to this disease has been the focus of research over a number of years and has resulted in the successive release of the cultivars Chignecto, York, and Fortune. An even wider spectrum of resistance has now been incorporated into a commercially acceptable selection from an interspecific cross of rutabaga and summer turnip.

- Researchers have developed a hydroponic growing system with sawdust that is now used by more than 90% of the greenhouse vegetable growers in British Columbia. This system has overcome a threat to the industry by soil-borne diseases in the late 1960s and has resulted in dramatic increases in crop yield.

- The incidence of hollow stem, a common disorder in most broccoli-producing areas, was decreased greatly by reducing the space between plants and restricting nitrogen supply to a marginally sufficient level.

Tree fruits and berries

- The apple-breeding program contributed the Spartan apple, released in 1936, a high-quality, red cultivar now found throughout the world. This program has introduced other apple cultivars including Summered, Summerland Red McIntosh, MacSpur, and recently, the compact Wijcik sport of McIntosh. An earlier breeding program produced a number of McIntosh-type cultivars that were hardy and extended the McIntosh season. Of these, Melba (early) and Lobo (midwinter) have had the greatest success. Lobo is now widely grown in northern Europe. Recently, several introductions have incorporated genetic resistance to apple scab. A number of hardy, semidwarfing apple rootstocks have been released, including the Ottawa series and a group of Kentville seedling hybrids. Of these, Ottawa-3 is currently the most promising. The cultivars Norland, Westland, and Parkland were developed for western Canada.

- In 1936 the discovery that boron deficiency in apple trees was the cause of drought spot and corky core was a milestone for the fruit industry. The problem was not caused by a pathogen, as was generally believed. Control measures in the form of soil-applied boron or foliar sprays of boron followed swiftly and rescued the apple-growing industry not only in British Columbia, but throughout the Pacific northwest and other parts of the world. More recently calcium deficiency was shown to be the cause of storage breakdown and a reduction in the firmness of fruit. In some areas a postharvest dip has been adopted as a standard treatment for fruit before it is stored.

- Research with growth regulators to prevent preharvest fruit drop of McIntosh and other cultivars has demonstrated that the orchardist could inhibit preharvest fruit drop and delay fruit ripening by suppressing ethylene production. Researchers have developed technology for using growth regulators to regulate harvest; increase fruit color, firmness, flower-bud initiation, and return bloom; control

tion et les consommateurs. Shepody, lancé en 1981, a été largement cultivé en termes de superficie ensemencée et est devenu le choix des transformateurs et de nombreux producteurs à cause de ses aptitudes à la fabrication de frites. De nombreux autres cultivars de pomme de terre ont été introduits, dont quelques-uns sélectionnés particulièrement pour Terre-Neuve à cause de leur résistance à certaines maladies locales.

• La production de pomme de terre au Canada est encore menacée par la bactériose annulaire même si des mesures visant à enrayer cette maladie sont en vigueur depuis près de 50 ans. Les recherches ont révélé que l'agent responsable de la maladie est détruit en l'espace de quelques heures de contact avec un sol humide, mais qu'il peut persister pendant plus de 5 ans dans les tiges sèches de pomme de terre et pendant au moins 18 mois sur de la tontine et d'autres surfaces. L'utilisation du test immuno-enzymatique ELISA permet actuellement une détection rapide de la bactérie, et la production récente par des chercheurs de la Direction générale d'anticorps monoclonaux promet une certaine forme d'identification dans un proche avenir.

• Le mildiou de la pomme de terre exige des moyens de lutte chimique. Pour réduire la pulvérisation, on a mis au point un programme de prévision (couvrant une période de 15 ans) qui fait appel à des statistiques prélevées de stations météorologiques et à des rapports sur l'état de la maladie en vue de fournir aux producteurs des prévisions quotidiennes et des recommandations en matière de pulvérisation.

• Les recherches ont révélé qu'il existe au moins quatre pathotypes de la tumeur verruqueuse de la pomme de terre rencontrée dans certains sols de Terre-Neuve. Mirton Pearl, créé par des chercheurs de la Direction générale, résiste à tous ces pathotypes. La culture d'un cultivar résistant permet de réduire les populations de l'agent pathogène en sol infesté et pourrait éventuellement déboucher sur l'éradication de ce parasite.

• Les travaux de développement sur l'utilisation du test ELISA pour le diagnostic des virus de la pomme de terre ont entraîné l'établissement de laboratoires de diagnostic avancé pour venir en aide au secteur de la pomme de terre de semence. Ces laboratoires permettent au secteur de satisfaire les normes phytosanitaires très élevées du marché international.

• Au début des années 40, les chercheurs ont mis l'accent sur la création de nouveaux cultivars nains de légumes pour les Prairies. Même si peu de cultivars nains étaient disponibles aux fins d'amélioration, vers la fin de la décennie, la sélection pour un nanisme extrême chez les plants de tomate était chose faite et permettait de produire des plants de 30 à 35 cm de diamètre portant des tomates de bon calibre. La sélection d'un type de plant possédant les caractères du nanisme extrême, de la précocité et de la résistance au vent, ce qui le rendait propre à la région des Prairies, a été plus tard élargie à d'autres légumes comme les pois, les haricots, les concombres et les courges.

• Le programme de recherches sur les légumes en Ontario dans les années 40 comprenait l'amélioration de cultivars de tomates résistantes aux maladies et adaptées à des régions de culture particulières. Le programme a débouché sur la création de Harrow, cultivar de tomate supérieur mis au commerce en 1951. Harrow était un cultivar précoce constamment très productif et exempt de fendillement. Le programme comprenait des études sur un certain nombre de cultivars de tomate requis pour satisfaire divers usages. Les caractères examinés comprenaient la précocité, le calibre, la fermeté, l'absence de fendillement, la teneur en vitamine C, la couleur et la résistance à des maladies comme la flétrissure verticillienne, la flétrissure fusarienne, le virus de la mosaïque et le chancre bactérien. Plus récemment, un grand nombre d'autres cultivars nouveaux possédant les caractères souhaitables ont été créés en fonction de ces critères de sélection.

• Le premier programme destiné à classifier les pathotypes de l'agent responsable de la hernie des crucifères a été mis sur pied dans les années 50. La sélection de rutabagas résistants à cette maladie a constitué le noeud des recherches pendant un certain nombre d'années et s'est traduit par la mise au marché successive des cultivars Chignecto, York et Fortune. Un spectre encore plus large de résistance a maintenant été introduit dans une sélection commercialement acceptable issue d'un croisement interspécifique de rutabaga et de navet d'été.

• Les chercheurs ont mis au point un système de culture hydroponique sur sciure de bois qui est maintenant utilisé par plus de 90 % des maraîchers serristes de la Colombie-Britannique. Ce système a permis d'enrayer la menace que constituaient pour le secteur les maladies terricoles à la fin des années 60 et d'accroître les rendements de façon spectaculaire.

• La fréquence de la tige creuse, trouble courant rencontré dans la plupart des régions productrices de brocolis, a été modérée considérablement par la réduction de l'interplant et la restriction de l'apport d'azote à un niveau à peine suffisant.

Arbres fruitiers et baies

• Le programme de sélection des pommiers a contribué à la création de la pomme Spartan mise au commerce en 1936, cultivar rouge de haute qualité maintenant rencontré un peu partout dans le monde. Ce programme a permis d'introduire d'autres cultivars de pommier, notamment Summered, Summerland Red McIntosh, MacSpur, et récemment, le mutant Wijcik compact de McIntosh. Un programme d'amélioration précédent avait produit un certain nombre de cultivars de type McIntosh qui s'avéraient rustiques et permettaient de prolonger la saison des McIntosh. Parmi ces cultivars, ce sont Melba (précoce) et Lobo (mi-saison) qui ont connu le plus grand succès. Par exemple, Lobo est maintenant largement cultivé dans le nord de l'Europe. Récemment, plusieurs introductions ont permis d'intégrer la résistance génétique à la tavelure. Un certain nombre de porte-greffes de pommiers rustiques, de demi-nanisants ont été mis au commerce, notamment la série Ottawa et un groupe de plants hybrides de Kentville, dont Ottawa-3 est actuellement le plus prometteur. Les cultivars Norland, Westland et Parkland ont été développés pour l'ouest du Canada.

• En 1936, la découverte voulant qu'une carence en bore des pommiers soit la cause du liège externe et du coeur liégeux a été un point tournant pour le secteur des fruits. Le problème n'était pas causé par un agent pathogène comme on le croyait généralement. On n'a pas tardé à prendre des moyens de lutte sous forme d'application au sol ou de pulvérisations foliaires de bore, moyens qui ont permis de sauver le secteur de la pomme, non seulement en Colombie-Britannique, mais également dans tout le nord-ouest du Pacifique et d'autres régions du monde. Plus récemment, il a été démontré qu'une carence en calcium était la cause du blettissement d'entrepôt et d'une baisse de la fermeté des fruits. Pour certaines régions, on a adapté une technique de trempage après la récolte comme traitement courant avant l'entreposage.

vegetative growth; and reduce postharvest disorders. The practice of chemical thinning was developed in the 1950s. Scientists established a comprehensive procedure that could be used on various cultivars under variable climatic conditions and methods of application. An important component of this finding has been the development of low-volume sprays.

- A system has been developed using a new concept of planting density and containment pruning in apple orchards. The system increases production efficiency, keeps capital costs low, generates early production with sustained high quality, and ensures modest costs for pruning and other orchard operations.

- Eleven peach, two nectarine, and five apricot cultivars have been introduced for the fresh market. They are cold-hardy and disease resistant, and produce abundant, attractive, high-quality fruit of good size and quality.

- A breeding program for sweet cherries initiated in 1924 has produced cultivars of both regional and international interest. The cultivar Van, released in 1944, remains important and is grown around the world. Sam, introduced in 1953, has several important characteristics, including resistance to rain-induced fruit splitting. Stella was the first self-fertile commercial cherry cultivar in the world. The recently released cultivar Lapins carries the desirable characteristics of all the previous releases, including hardiness, large fruit, self-fertility, high yields, and split resistance.

- Production of the delicate kiwi fruit on the Saanich Peninsula was initiated 9 years ago. Hayward continues to be the most popular commercial cultivar in North America, but the selection Saanichton 12 has larger fruit than Hayward and appears to be suited to Vancouver Island. Growers planted 10 hectares of kiwi fruit on the island in 1985, the first commercial orchards in Canada.

- New cultivars of berries have been developed by Research Branch specialists over the years. Totem, introduced in 1971, has become the dominant strawberry cultivar in the lower Fraser Valley of British Columbia. In the Maritime Provinces, Bounty (1972) has become a major cultivar, and Kent (1980) shows promise as a very high-yielding, good-quality type. These eastern cultivars have been followed by cultivars with resistance to red stele disease. Lowbush blueberries, traditionally dependent on wild stands, have now been established under cultivation. Native selections have been hybridized to produce cultivars with larger fruit and higher yields that show potential for the future. A mechanical harvester has been developed to avoid excessive hand labor.

Norland is the earliest maturing large-sized apple cultivar developed for western Canada.

Norland est la variété la plus hâtive de grosse pomme créée pour l'ouest du Canada.

Ornamentals

- Branch scientists have developed a significant number of new ornamental cultivars. Over the past 25 years 11 cultivars of roses with characteristics of continual flowering and winterhardiness have been made available to growers. Champlain, a shrub rose, is outstanding for its continued blossoming, hardiness, and intense red flower color. A series of new rhododendron and azalea cultivars have been introduced, particularly adapted to Nova Scotia, and are widely acclaimed for their flower quality. In addition, numerous cultivars of lilac, lily, iris, and flowering crab apple have been developed. Many of the late-flowering lilacs are being grown. The lily cultivars have become world famous, and many of the flowering crab apples are popular.

- Scientists have identified the concentration and type of hormone required for root induction and growth in species of *Cotoneaster*, *Philadelphus*, *Prunus*, and *Lonicera*. With these techniques, nursery growers can obtain a higher percentage of rooted cuttings and have an alternative method for ultra-rapid propagation.

Ornamental cultivars include Minas Rose, a winter-hardy rhododendron.

Les cultivars de plantes ornementales comprennent Minas Rose, un rhododendron résistant à l'hiver.

• Les recherches sur les régulateurs de croissance visant à empêcher la chute des McIntosh et d'autres cultivars de pomme avant la cueillette ont révélé que l'arboriculteur pouvait restreindre cet accident et retarder la maturation des fruits par la suppression de la production d'éthylène. Des chercheurs ont mis au point une technologie faisant appel à des régulateurs de croissance pour régulariser la cueillette, accroître la couleur des fruits, la fermeté, la floraison et la régularité de la production, faire échec à la croissance végétative et réduire les désordres en post-récolte. La pratique de l'éclaircissage chimique a été mise au point dans les années 50. Des chercheurs ont établi une méthode globale capable de servir pour divers cultivars compte tenu de la variabilité des conditions climatiques et des modes d'application. Un élément important de cette découverte a été la mise au point des pulvérisations à bas volume.

• Un système a été mis au point en faisant appel à un nouveau concept de densité de plantation et de taille de réduction de volume dans les vergers de pommiers. Le système accroît l'efficacité de la production, restreint les coûts en capital, permet une production précoce de qualité soutenue et donne l'assurance de coûts modestes pour la taille et d'autres opérations du verger.

• Onze cultivars de pêchers, deux de nectariniers et cinq d'abricotiers ont été créés pour le marché en frais. Ils sont rustiques et résistants aux maladies, en plus de produire en abondance des fruits attrayants, de haute qualité et de bon calibre.

• Un programme d'amélioration des cerises douces lancé en 1924 a produit des cultivars qui présentent un intérêt tant régional qu'international. Par exemple, le cultivar Van, mis au marché en 1944, demeure important et est cultivé dans le monde entier. Sam, lancé en 1953, affiche plusieurs caractères importants, notamment la résistance à l'éclatement du fruit causé par la pluie. Stella a été le premier cultivar commercial autofertile au monde. Le cultivar Lapins, récemment mis au marché, possède les caractères souhaitables de toutes les sélections antérieures, notamment la rusticité, le gros calibre des fruits, l'autofertilité, le rendement élevé et la résistance à l'éclatement.

• Les débuts de la production du fruit délicat appelé kiwi dans la péninsule Saanich remontent à 9 ans. Hayward continue d'être le cultivar commercial le plus recherché en Amérique du Nord, mais la sélection Saanichton 12 a des fruits plus gros que Hayward et semble être adaptée à l'Île de Vancouver. Les producteurs ont planté 10 ha de plants de kiwi dans l'Île en 1985, constituant ainsi les premiers vergers commerciaux au Canada.

• De nouveaux cultivars de petits fruits ont été créés par des spécialistes de la Direction générale de la recherche au fil des ans. Totem, lancé en 1971, est devenu le cultivar dominant de fraisier dans la vallée du bas Fraser de la Colombie-Britannique. Dans les provinces Maritimes, Bounty (1972) est devenu un cultivar important, et Kent (1980) s'avère prometteur comme cultivar de bonne qualité et à haut rendement. Ces cultivars de l'Est ont été suivis par d'autres qui ont intégré la résistance à la maladie de la stèle rouge. Le bleuet nain, qu'on retrouvait traditionnellement en peuplement sauvage, fait maintenant l'objet d'une culture. Des sélections indigènes ont été croisées pour produire des cultivars à gros fruits et à rendement plus élevé qui présentent certaines possibilités pour l'avenir. Une récolteuse mécanique a été mise au point pour éviter un surcroît de labeur.

Plantes ornementales

• Des chercheurs de la Direction générale ont créé un nombre imposant de nouveaux cultivars ornementaux. Au cours des 25 dernières années, 11 cultivars de rosiers possédant des caractères de floraison permanente et de rusticité ont été mis à la disposition des producteurs. Champlain, rosier arbustif, est exceptionnel pour sa floraison continuelle, sa rusticité et la couleur rouge intense de ses fleurs. Une série de cultivars de rhododendrons et d'azalées particulièrement adaptés à la Nouvelle-Écosse ont été créés et largement reconnus pour la qualité de leur fleur. En outre, de nombreux cultivars de lilas, de lis, d'iris et de pommetiers à fleurs ont été créés. Bon nombre de ces lilas tardifs sont maintenant cultivés. Les cultivars de lis se sont fait une réputation mondiale et bon nombre des pommetiers à fleurs jouissent de la faveur populaire.

• Des chercheurs ont identifié la concentration et le type d'hormone nécessaires pour l'induction et la croissance racinaires d'espèces de *Cotoneaster, Philadelphus, Prunus* et *Lonicera*. Grâce à ces techniques, les pépiniéristes peuvent maintenant obtenir un plus grand pourcentage de boutures racinées et disposer d'une méthode de multiplication ultra-rapide de rechange.

FOOD RESEARCH

A major objective of the food research program of the Research Branch has been the production of new technology to improve the efficiency of Canada's food-processing sector. New or improved processes and products have been developed in response to the needs of the industry. In the early years of the food program, research was directed mainly toward the horticulture and dairy sectors. In recent years, however, the programs have been expanded to include all commodities and make use of both applied and basic research.

The food research program is currently carried out at six establishments located across Canada, from Nova Scotia to British Columbia. New facilities are in place or are being constructed so that research programs on processing can respond to the ever-increasing sophistication of the industry. At the same time, efforts are being directed toward the determination of the safety and nutritive value of Canadian agricultural commodities.

In recent years, in-house research programs have been complemented by contract work. The latter has helped the Branch to expand its research capacity while assisting industry in conducting research and development programs directly related to their needs.

Crop processing and products

- A great deal of research has been carried out on the improvement of storage conditions for fruit and vegetables, particularly apples. Research on cold storage was conducted during the 1930s and 1940s. Cooling rates and the level of humidity, oxygen, and carbon dioxide were identified as important parameters to be controlled. In the 1950s work began on controlled-atmosphere storage of apples; standards that remained in use until the late 1970s were established for Delicious apples. A recent development in fruit and vegetable storage has been a modification of insoluble chitin to a soluble form that can be sprayed on fresh produce, forming a biodegradable film. This allows the treated produce to retain its freshness for longer periods under conditions of normal commercial cold storage or home refrigeration.

- In 1943 the first commercial pack of apple juice supplemented with vitamin C was processed and marketed under the Royal Russet label. The process was developed from cooperative efforts between government and industry to incorporate vitamin C with the juice of surplus apples during the early war years, thereby lessening the dependence on citrus juice imported from the United States.

- When apple slices are cooked, the cellular water boils and explodes the apple slice, producing sauce rather than slices. Subjecting the slices to a partial vacuum was found to draw water from the cells without rupturing the tissue. Cooking following such treatment left the slice whole. The same principle was applied to the freezing of other products. Equipment is being manufactured in Canada for this continuous-process system for vacuum-treating apple slices being prepared for canning and freezing.

- A method for processing potato flakes so that they more closely resemble freshly cooked potatoes has been engineered by putting them through a double drum drier. This process, which is still used in industry for producing potato flakes as well as meat–potato mixtures and fish–potato products, was patented in 1961.

- In the late 1960s and throughout most of the 1970s, research on the causes of storage breakdown of Spartan apples resulted in the discovery that increased calcium levels in the apple flesh prolonged their storage and therefore extended the marketing time by many months. The packing industry has adopted a calcium-dip treatment

Royal Russett was the first commercial apple juice to be supplemented with vitamin C. The can illustrated dates from the early 1940s.

Royal Russett a été la première variété à fournir un jus de pomme commercial, enrichi de vitamine C. Les dates qui apparaissent sur la boîte de conserve remontent au début des années 1940.

RECHERCHE SUR LES ALIMENTS

Le programme de recherches sur les aliments de la Direction générale de la recherche a pour principal objet la production de nouvelles technologies visant à améliorer l'efficacité du secteur canadien de la transformation des aliments. Des procédés et des produits nouveaux ou améliorés ont été mis au point pour répondre aux besoins du secteur. Dans les premières années d'existence de la Direction générale, les recherches effectuées dans le cadre des programmes mettaient l'accent sur les secteurs du lait et de l'horticulture. Mais au cours des dernières années, les programmes ont été élargis pour inclure tous les produits agro-alimentaires et font appel tant à la recherche appliquée que fondamentale.

Le programme de recherches sur les aliments est actuellement exécuté dans six établissements répartis partout au Canada, de la Nouvelle-Écosse à la Colombie-Britannique. De nouvelles installations sont en place ou sont actuellement en construction pour permettre aux programmes de recherches sur la transformation de s'adapter à la spécialisation sans cesse croissante du secteur. En même temps, des efforts sont actuellement déployés pour déterminer la sécurité et la valeur nutritive des produits agro-alimentaires canadiens.

Depuis quelques années, des programmes de recherches internes ont été effectués par contrats. L'impartition a contribué à accroître les capacités de recherches de la Direction générale, tout en aidant directement le secteur à poursuivre des programmes de recherches et de développement qui répondent directement à ses besoins.

Transformation alimentaire et aliments

• Beaucoup de recherches ont été effectuées sur l'amélioration des conditions d'entreposage des fruits et des légumes, en particulier des pommes. Les recherches sur l'entreposage frigorifique ont été menées au cours des années 30 et 40. Les taux de refroidissement, ainsi que les taux d'humidité, d'oxygène et de bioxyde de carbone, ont été identifiés comme des paramètres importants à maîtriser. Des travaux ont commencé sur l'entreposage en atmosphère contrôlé des pommes dans les années 50, et des normes qui sont demeurées en usage jusqu'à la fin des années 70 ont été établies pour les pommes Delicious. Une innovation dans le domaine de l'entreposage des fruits et des légumes a porté sur la modification de la chitine insoluble en une forme soluble qui peut être pulvérisée sur le produit frais en formant un film biodégradable, ce qui permet au produit traité de conserver sa fraîcheur plus longtemps dans des conditions d'entreposage frigorifique commercial normales ou de réfrigération domestique.

• En 1943, les premières boîtes de jus de pomme additionné de vitamine C étaient fabriquées et commercialisées sous l'étiquette Royal Russet. Le procédé a été mis au point grâce aux efforts concertés du gouvernement et de l'industrie pour ajouter de la vitamine C au jus de pommes excédentaire dans les premières années de la guerre, permettant ainsi d'atténuer la dépendance du pays envers le jus d'agrumes importé des États-Unis.

• Dans la cuisson à l'eau de tranches de pomme, l'eau cellulaire fait bouillir et exploser les tranches, ce qui produit de la purée plutôt que des tranches. Or, on a trouvé que le fait de soumettre les tranches à un vide partiel aspirait l'eau des cellules sans rompre les tissus. Par conséquent, un traitement de ce genre suivi de la cuisson permettait d'obtenir des tranches entières. Le même principe a été appliqué aux produits de congélation. On fabrique actuellement au Canada de l'équipement adapté à ce système en continu pour la préparation de tranches de pomme traitées sous vide aux fins de mise en conserve et de congélation.

• Une méthode de transformation de flocons de pomme de terre pour les faire ressembler davantage à de la purée fraîche de pomme de terre a été mise au point en les faisant passer par un séchoir à double cylindre. Ce procédé, encore en usage dans l'industrie pour produire des flocons de pomme de terre, ainsi que des mélanges de viande-pomme de terre et de poisson-pomme de terre, a été breveté en 1961.

• À la fin des années 60 et pendant la majorité des années 70, les recherches sur les causes du blettissement d'entrepôt des pommes Spartan ont permis de découvrir que l'accroissement des teneurs en calcium de la chair de pomme prolonge de plusieurs mois ses capacités de conservation et donc sa période de commercialisation. Le secteur de la transformation a adopté un traitement de trempage au calcium qu'il applique avant l'emballage et l'entreposage. Ces recherches ont aidé à maintenir le secteur de la pomme Spartan.

• La cuisson de fruits ou de jus de fruits dans des récipients ouverts leur fait perdre une bonne partie de leur arôme. On a mis au point un système pour capter l'arôme et le conserver dans une molécule de sucre. La dissolution du sucre libère cet arôme. Du matériel de distillation sous vide a été mis au point pour concentrer jusqu'à 40 000 fois l'arôme de fruits hydrosolubles par rapport à celui de jus non concentré. Le procédé et l'équipement brevetés ont été vendus à des sociétés américaines et nippones.

• La recherche sur les mécanismes du procédé de cuisson par extrusion et sur la mise au point d'une méthode par laquelle le degré de cuisson des produits céréaliers peut être évalué et relié à la qualité du produit a contribué à nous sensibiliser davantage aux aspects physico-chimiques et mécaniques de cette technologie au Canada et à l'étranger.

• Une nouvelle méthodologie basée sur des sondes à colorants fluorescents spécifiques a été mise au point pour le dosage du β-glucane et des β-glucanases dans les céréales. Des trousses d'analyse à l'intention des secteurs de la brasserie et de la malterie ont été mises au point à partir de résultats de laboratoire dans ce domaine. Les gommes à base de β-glucane ont une utilisation potentielle comme épaississant alimentaire fonctionnel et comme source de fibre alimentaire soluble.

• Dans une tentative pour résoudre le problème des excédents de raisins rouges de l'Ontario, la recherche contractuelle a débouché

that is applied before packaging and storing. This research has helped maintain the Spartan industry.

• When fruit or juice is cooked in open vessels, much of the essence (aroma) is lost. A system was developed for capturing the essence and storing it in a sugar molecule. When the sugar is dissolved, the essence is released. Vacuum-distillation equipment was developed for concentrating water-soluble fruit aroma to a level 40 000 times that of single-strength juice. The patented process and equipment have been sold to companies in the United States and Japan.

• Research on the mechanisms of the extrusion cooking process and the development of a method by which the "degree of cook" of cereal products can be assessed and related to product quality have contributed to an increased awareness of the physicochemical and mechanical aspects of this technology in Canada and abroad.

• New methodology based upon specific fluorescent dye probes has been developed for the assay of β-glucan and β-glucanases in cereals. Analysis kits for use by the brewing and malting industries have been developed from laboratory findings in this area. β-glucan gums have a potential use as functional food thickeners and as a source of soluble dietary fiber.

• In an attempt to solve the problem of an oversupply of Ontario red grapes, research under contract has led to the development of white table wines made from red grape juice. The process has been successfully used to produce over 4 million litres of white wine suitable for blending.

Livestock processing and products

• Research has resulted in the development of national swine and beef carcass grading schemes that were introduced in 1968 and 1972. Both schemes were designed to reward the production of muscle rather than fat. In a little over 10 years, more lean beef and more lean pork to an increased value of $100 million and $120 million, respectively, are produced annually from the same resource base. These schemes provide consumers with the lean red meat now demanded and substantially reduce the amount of feed required to produce a high-quality carcass.

• National quality standards for pork have been developed and are now used widely in the Canadian meat industry. The standards have been translated into Japanese and have assisted the export of Canadian pork to this valuable market ($150 million a year).

• A data base of chemical and functional values for various meat cuts used in the production of comminuted meats has been developed. This data base provides industry with a starting point for the least-cost formulation of these comminuted products.

• Mechanically separated meats (MSM) are widely used in cooked cured meats. However, a number of concerns, particularly about contamination, have prevented their use in fresh, uncured sausage. An in-plant study has demonstrated that MSM can be used safely in fresh sausage products, with sensory attributes maintained up to levels of 30% MSM in the finished product.

• In the early 1960s, preliminary incubation of milk for evaluating sanitary production conditions was developed. Although milk quality was improved greatly, some samples of milk with a low bacterial count spoil more quickly than others. The preliminary incubation test helps to identify those samples that contain only a few bacteria but that grow relatively quickly at refrigerator temperatures.

• In a cooperative project with industry and provincial ministries of agriculture, Cheddar cheese flavor was found to develop more rapidly at high temperatures (up to 10°C), without a higher incidence of off-flavors. This finding results in significant savings in storage costs and carrying charges. Cheddar cheese flavor was found to be concentrated in the water phase rather than the fat phase of the cheese. This discovery has led to recent developments in the separation and identification of important flavor constituents. Bitter flavor in cheese was first traced to certain strains of starter bacteria. A procedure was developed to isolate the bitter flavor, which was found to be caused by a certain peptide. The problem can be solved by selecting proper strains of starter bacteria.

• Researchers in government and industry have cooperated in testing various wrappers to be used for protecting butter from oxidation by fluorescent light. Low levels of light were found to oxidize butter. As a result, almost all butter in Canada is now wrapped in protective aluminum foil.

• Electron microscopy was used to detect the presence of buttermilk solids in skim-milk powder and in meat binder. Chemical methods failed to detect the adulterant because the chemical composition of both products is very similar. Microscopic detection is based on the presence of fragments of fat globule membrane in buttermilk and their absence in skim milk. The presence of only 5% buttermilk solids in nonfat dry milk can be detected.

• Difficulties inherent in the simultaneous determination of volatile fatty acids and lactic acid were solved by use of a special packing material for packing columns in which lactic acid is automatically derivatized. This packing material is now available commercially, and the method is being used by food processing industries in North America, Europe, and Japan.

• Whey is a valuable feed for farm animals. Assistance to farmers has overcome the problems encountered in maintaining a balance of minerals and nutrients. Now up to 10% of whey that could not otherwise be used economically is being fed to animals in Canada, thus reducing pollution and using whey from smaller factories.

Food safety and nutrition

• A multidisciplinary team of researchers were assembled in 1971 to determine the cause of heart problems associated with the consumption of canola oils by experimental rats and to investigate ways of removing the cause. A quick resolution of this important issue was essential, or the oilseed might have had to be removed from the human diet. A decade of intensive studies provided an explanation for the problem and demonstrated the wholesomeness of canola oil. Based on scientific evidence, canola oil was cleared as safe in Canada (1977), Europe (1979), and the United States (1985). Canada now enjoys a $2 billion oilseed industry that ranks second only to wheat in agricultural importance.

• Since 1980, *Fusarium* molds have been found to contaminate wheat and corn in eastern Canada. Of particular concern to the agriculture and food industry was the presence of vomitoxin (deoxynivalenol) produced by *Fusarium*. A major research program was started to evaluate the health of farm animals exposed to vomitoxin. The results demonstrated that at the levels normally found in eastern Canadian grains, vomitoxin had no deleterious effects in livestock

sur la création de vins blancs de table fabriqués à partir de jus de raisins rouges. Le procédé a été utilisé avec succès pour produire plus de 4 millions de litres de vin blanc qui se prête bien au mélange.

Transformation du bétail et produits alimentaires

• Des recherches ont abouti à la mise sur pied de programmes nationaux de classement des carcasses de porc et de bœuf qui ont été lancés en 1968 et 1972. Les deux programmes étaient conçus de façon à récompenser la production de maigre plutôt que de gras. En un peu plus de 10 ans, plus de bœuf et de porc maigre, jusqu'à concurrence de 100 et de 120 millions de dollars respectivement, sont produits chaque année à partir des mêmes ressources fondamentales. Ces programmes permettent d'offrir aux consommateurs la viande rouge maigre actuellement en demande et de réduire substantiellement la quantité d'aliments du bétail requise pour produire une carcasse de haute qualité.

• Des normes nationales de qualité pour le porc ont été élaborées et sont maintenant largement utilisées dans le secteur canadien des abattoirs. Les normes ont été traduites en japonais et ont aidé à l'exportation de porc canadien sur cet important marché (150 millions de dollars par année).

• Une base de données pour l'évaluation chimique et fonctionnelle de divers morceaux de viande utilisés dans la production de viandes fragmentées a été mise au point. Cette base de données sert de point de départ à l'industrie pour la préparation au meilleur coût possible de ces produits fragmentés.

• Les viandes séparées mécaniquement (VSM) sont largement utilisées dans la confection de viandes salées cuites. Toutefois, un certain nombre d'inquiétudes, surtout au sujet de la contamination, ont empêché leur utilisation dans les saucissons frais non salés. Une étude en usine a révélé que les VSM peuvent être utilisées sans danger dans la confection de saucissons frais et que les qualités organoleptiques sont maintenues à des teneurs pouvant aller jusqu'à 30 % des VSM dans le produit fini.

• Au début des années 60, on a mis au point l'incubation provisoire du lait pour évaluer les conditions sanitaires de la production. Bien que la qualité du lait se soit grandement améliorée, certains échantillons présentant une faible numération bactérienne se détériorent plus rapidement que d'autres. Le test de l'incubation provisoire aide à identifier les échantillons qui ne contiennent que quelques bactéries, mais dont les microbes se multiplient assez rapidement aux températures de réfrigération.

• Dans le cadre d'un projet coopératif avec l'industrie et les ministères provinciaux de l'Agriculture, on a trouvé que la saveur du fromage Cheddar se développait plus rapidement à haute température (jusqu'à 10 °C), et ce, sans accroître le taux de saveurs anormales. Ces résultats entraînent des économies importantes dans les coûts d'entreposage et les frais d'administration. On a constaté que la saveur du fromage Cheddar était concentrée dans la phase aqueuse plutôt que dans la phase lipidique du fromage. Cette découverte a donné lieu à des innovations en matière de séparation et d'identification des constituants importants de la saveur. L'amertume a d'abord été attribuée à certaines souches de bactéries utilisées comme ferment. Une méthode a été mise au point pour isoler la saveur amère qui est causée par un certain peptide. La solution au problème réside dans la sélection de bonnes souches de ferment.

• Les chercheurs des secteurs public et privé ont collaboré au testage de diverses enveloppes devant servir à la protection du beurre contre l'oxydation par la lumière fluorescente. On a constaté qu'une faible intensité de lumière oxydait le beurre. Grâce à ces résultats, presque tout le beurre au Canada est maintenant enveloppé dans une feuille d'aluminium protectrice.

• La microscopie électronique a servi à détecter la présence d'extraits secs de babeurre dans la poudre de lait écrémé et l'allongeur de viande. Les méthodes chimiques n'ont pu détecter l'adultérant, car la composition chimique des deux produits est très voisine. La détection au microscope s'appuie sur la présence de fragments de membrane des globules graisseux dans le babeurre et sur leur absence dans le lait écrémé. La technique est capable de détecter la présence de seulement 5 % d'extraits secs de babeurre dans la poudre de lait dégraissée.

• Les difficultés inhérentes au dosage simultané des acides gras volatils et de l'acide lactique ont été résolues par l'utilisation d'un produit de garnissage pour les colonnes de remplissage dans lesquelles l'acide lactique est automatiquement dérivatisé. Ce produit de garnissage est maintenant disponible dans le commerce et la méthode est utilisée par les industries de transformation alimentaire en Amérique du Nord, en Europe et au Japon.

• Le lactosérum constitue un aliment précieux pour les animaux de ferme. L'aide consentie aux agriculteurs a permis de résoudre les problèmes rencontrés dans le maintien d'un équilibre entre les minéraux et les éléments nutritifs. Maintenant, on sert aux animaux jusqu'à 10 % de lactosérum au Canada, ce qui réduit la pollution et permet d'utiliser le lactosérum provenant de petites usines, lequel ne pourrait autrement être utilisé de façon économique.

Salubrité alimentaire et nutrition

• Une équipe pluridisciplinaire de chercheurs a été réunie en 1971 pour déterminer la cause des problèmes cardiaques reliés à la consommation d'huiles de colza Canola par des rats expérimentaux et pour étudier les façons d'y remédier. Une solution rapide à ce problème épineux était essentielle, à défaut de quoi on aurait pu exiger le retrait de cet oléagineux du régime alimentaire humain. Une décennie d'études intensives a permis de fournir une explication du problème et de démontrer la salubrité de l'huile de colza Canola. La preuve scientifique a été faite et l'huile de colza Canola a été déclarée sûre pour le Canada (1977), l'Europe (1979) et les États-Unis (1985). Le Canada possède maintenant un secteur de la trituration de 2 milliards de dollars qui ne le cède qu'au blé en importance agricole.

• Depuis 1980, on a constaté que les moisissures à *Fusarium* contaminaient le blé et le maïs dans l'est du Canada. Ce qui préoccupait en particulier le secteur agro-alimentaire était la présence de vomitoxine (désoxynivalénol) produite par *Fusarium*. Un vaste programme de recherches a été lancé pour évaluer l'état sanitaire des animaux de ferme exposés à la vomitoxine. Les résultats ont révélé qu'aux teneurs généralement rencontrées dans les céréales de l'est du Canada, la vomitoxine n'avait aucun effet nuisible sur le bétail et la volaille puisque ce sont des espèces tolérantes. Par contre, le porc qui est très sensible, peut consommer des concentrations de vomitoxine d'au moins 2 g par kilogramme dans sa ration sans subir d'effets néfastes. Aux teneurs en vomitoxine trouvées dans les céréales canadiennes, les résidus de vomitoxine dans les produits animaux sont négligeables. Des études sur le sort du blé contaminé au désoxynivalénol à la mouture et à la

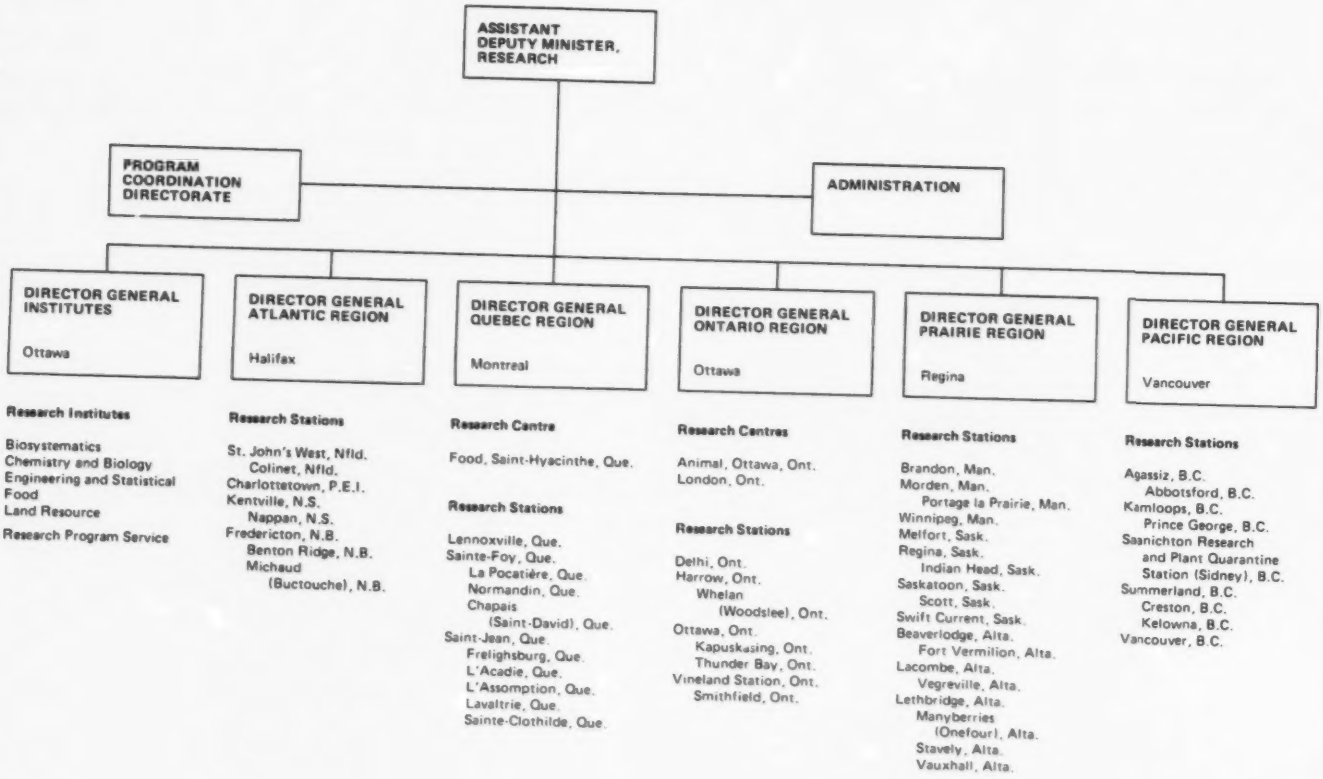
and poultry because they are tolerant species. Swine, which are very sensitive, can consume vomitoxin concentrations of less than 2 grams per kilogram in their diet without serious adverse effects. At the vomitoxin levels found in Canadian grains, vomitoxin residues in animal products are negligible. Studies on the fate of deoxynivalenol-contaminated wheat on milling and baking have been carried out in collaboration with industry and have enabled Health and Welfare Canada to increase the allowable amount of deoxynivalenol in uncleaned wheat to 2 parts per million for human consumption.

- Salmonella can be eliminated from fresh or frozen chicken broilers by the food irradiation process. Efficacy studies have shown that a dose of 2.5 to 3.0 kilograys effectively eliminates all salmonella without affecting the sensory acceptability of the poultry. The shelf-life of fresh poultry is also increased by 2–4 days compared with poultry not subjected to irradiation.

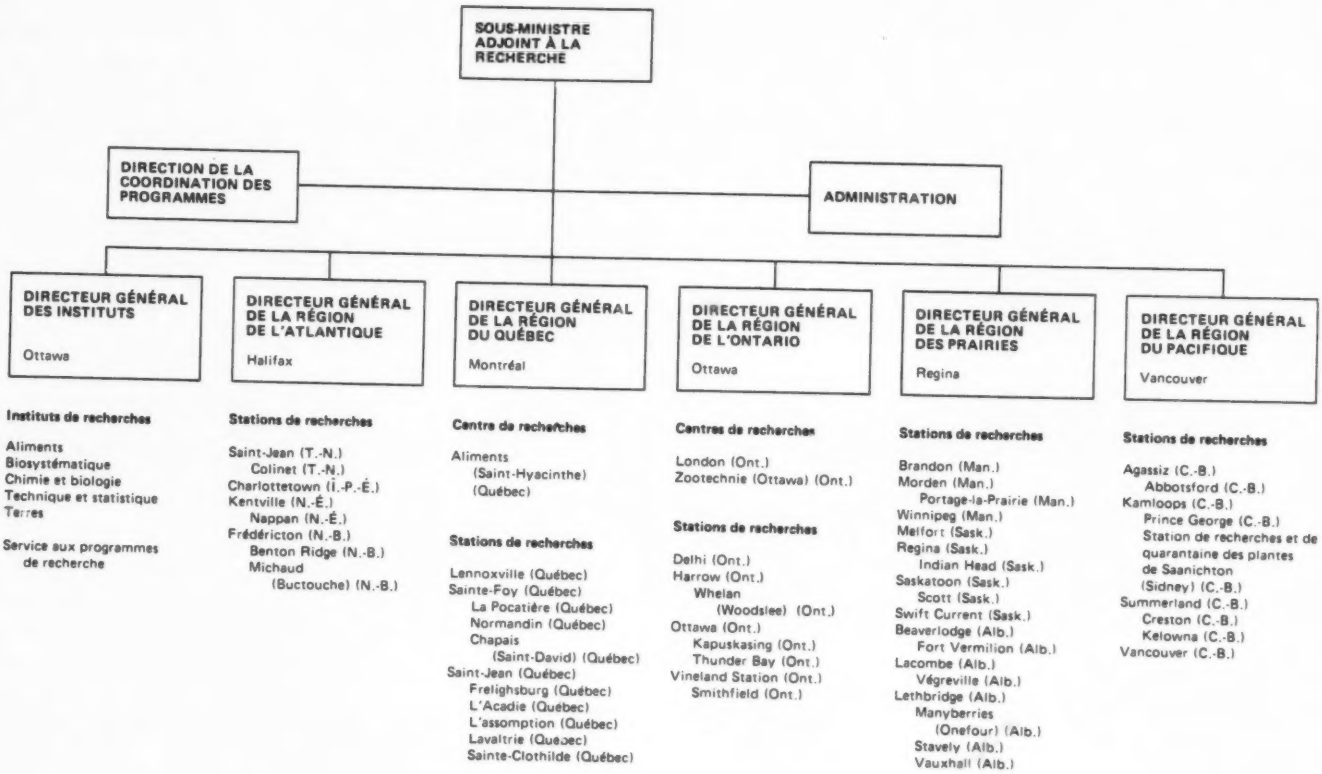
cuisson ont été effectuées en collaboration avec l'industrie et ont permis à Santé et Bien-Être social Canada de relever à 2 ppm la concentration permise de désoxynivalénol dans le blé non nettoyé destiné à la consommation humaine.

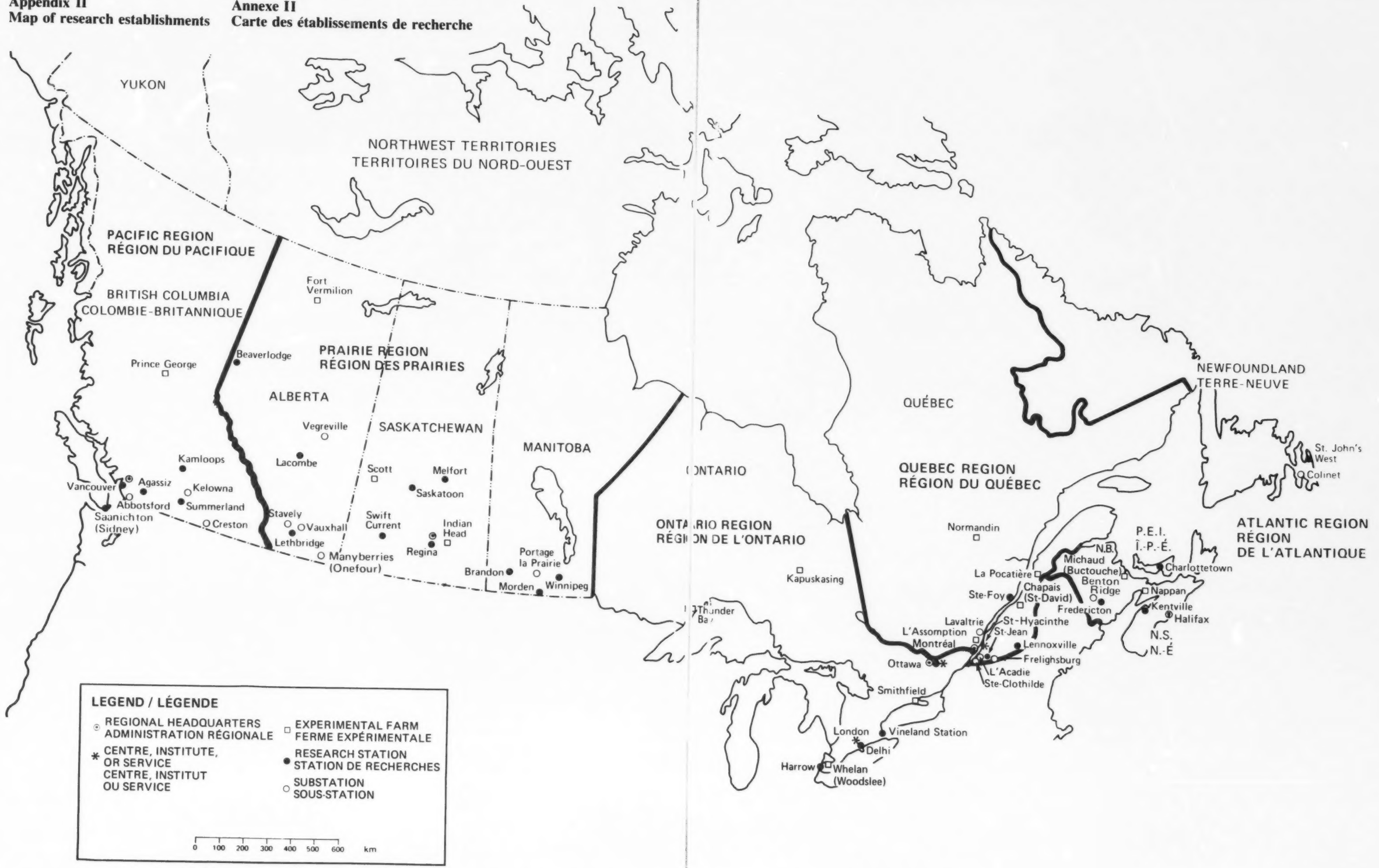
- Il est possible d'éliminer les salmonelles du poulet à griller frais ou congelé par le procédé d'irradiation des aliments. Des études d'efficacité ont révélé qu'une dose de 2,5 à 3,0 kilograys élimine efficacement toutes les salmonelles sans nuire à l'acceptabilité organoleptique de la volaille. La conservabilité à l'étalage de la volaille fraîche est également accrue de 2 à 4 jours comparativement à la volaille non irradiée.

Appendix I
Organization of the Research Branch



Annexe I
Structure de la Direction générale de la recherche



Appendix II
Map of research establishments

Annexe II
Carte des établissements de recherche